

Trädrötter i skelettjord - en fallstudie i Stockholm



Maria Lindberg

FÖRORD

Detta examensarbete är skrivet på C-nivå inom landskapsingenjörsprogrammet vid Sveriges Lantbruksuniversitet i Alnarp. Arbetet, som omfattar 10 poäng, tillhör ämnet teknologi och är utfört vid område Landskapsutveckling, tidigare institutionen för landskaps- och trädgårdsteknik.Handledare har varit landskapsarkitekt Kaj Rolf och till examinator utsågs agronom Eva-Lou Gustafsson.

Figurerna i detta arbete är skapade av författaren, där inget annat anges.

När jag under mitt andra studieår började fundera över uppslag till examensarbete, kände jag att jag ville fördjupa mig i stadsträdens levnadsvillkor. Jag tog då kontakt med Kaj Rolf för att fråga om han kände till något lämpligt projekt där jag kunde få denna möjlighet. Efter en tid återkom Kaj Rolf med ett projekt som ledde fram till detta examensarbete. Jag påbörjade min datainsamling i maj 2006 och arbetet har präglats av intensiva perioder varvade med flera uppehåll av varierande längd. Andra heltidsstudier och arbete har omöjliggjort en sammanhängande studietid för examensarbetet. Jag antog att detta skulle bli en nackdel, men det visade sig snarare vara en fördel. Jag har haft tid till eftertanke och nya idéer och frågor har kunnat bollas med både min handledare och andra personer inom området. Det som möjligen har varit en nackdel är att jag ibland har haft svårt att begränsa mig och också att jag inte har kunnat känna mig riktigt ledig. Ett ständigt pågående arbete har en tendens att bli ett lika ständigt dåligt samvete. Det har dock varit en lärorik och utvecklande process som jag hoppas få arbeta vidare med på något sätt i framtiden.

Jag vill rikta ett varmt tack till min handledare, Kaj Rolf, för att jag fick möjlighet att fördjupa mig i ett område som jag har ett starkt intresse för, och också för att han varit ett utmärkt bollplank till mig som normalt sett har ett uruselt bollsinne. Jag är också skyldig ett stort tack till övrig personal på Landskapsutveckling, SLU Alnarp, som har svarat på mina frågor och gett mig tips på lämplig litteratur. Det finns en oerhörd kunskap och ett brinnande intresse hos de människor som arbetar på detta universitet.

Tack också till Björn Embrén på Trafikkontoret, Stockholms stad, för hans engagemang och stöd. Utan honom hade arbetet inte varit möjligt att genomföra.

Jag vill också tacka landskapsingenjör Josefine Pettersson som vägledde mig mycket i början och som har tagit av sin tid för att hjälpa mig i mitt arbete.

De människor som betyder mest för mig är givetvis min familj och när jag varit som mest stressad är det de som har funnits där som stöd för mig. Ett stort tack till mina kära Billy, Johannes och Elias, som tålmodigt har haft överseende med en delvis frånvarande hustru och mamma. Jag älskar er för att ni finns. Nu är datorn äntligen fri för spelande, grabbar!

Maria Lindberg
Alnarp och Svedala, 2007-08-30

SAMMANFATTNING

Skelettjord är framtagen för att fungera som en rotvänlig vägöverbyggnad där det är omöjligt att på annat sätt ge träden en godtagbar jordvolym. Trottoarer och parkerings- ytor där planteringsutrymmet är begränsat och kravet på bärighet stort, är exempel på ytor där skelettjord kan ge träd en ökad jordvolym samtidigt som trafiklasterna tas upp av skelettmaterialet.

I Stockholm har skelettjord använts sedan mitten av 1990-talet och för att följa upp resultatet gjordes det under 2005-2006 vitalitetsbedömningar av träden i ett antal av de tidiga anläggningarna. De undersökta träden varierade i vitalitet och tillväxt och en slutsats var att det behövdes studier av rotutvecklingen i de berörda skelettjordarna.

I detta arbete har jag mätt antalet rötter och undersökt hur de växer i skelettjordarna vid 11 av de tidigare vitalitetsbedömda träden. Jag har också undersökt skelettjordarnas uppbyggnad och jämfört resultatet med handlingarna. En jämförelse mellan rotutvecklingen och trädens vitalitet har också gjorts. Samtliga anläggningar var enligt handlingarna uppbyggda med färdigblandad skelettjord.

Undersökningarna visade att ingen av anläggningarna följde handlingarna och ingen anläggning uppfyllde heller kraven på en skelettjord. Packade jordlager i flera anläggningar tydde på att materialet hade separerat vid hanteringen/utläggningen. På andra platser fanns ingen växtjord utan endast ett moränliknande bärlager. Trots detta hade rötterna växt ut i materialet. Jag kunde inte se något samband mellan näringsinnehållet i jordarna och rottillväxten utan det som verkade avgöra mängden rötter var det tillgängliga växtutrymmet. I täta material eller packade lager hade rötterna svårt att ta sig fram, medan sprickor och andra hålrum gav utrymme för rötterna att växa. Det var också tydligt att antalet rötter sjönk med djupet. De träd som hade bäst rotutveckling visade sig vara de som hade bedömts ha en god vitalitet, medan de träd som nästan helt saknade rötter i materialet också hade en sämre vitalitet. En rätt anlagd skelettjord ger utrymme för rötterna och man kan därför anta att rotutvecklingen hade varit bättre om det hade funnits skelettjord i anläggningarna.

Bristen på överensstämmelse mellan handlingar och utförande indikerade en kunskapsbrist. Vid närmare granskning av handlingarna kunde jag konstatera att denna kunskapsbrist inte enbart fanns hos utförarna, utan även hos beställaren. Skelettjord föreskrevs ibland på platser där jordvolymen istället hade kunnat utökas genom större planteringsgrop, och samtidigt hade man underlåtit att föreskriva skelettjord där det hade varit lämpligt. Förhoppningsvis har kunskapen ökat med tiden, och många av de tidiga misstagen har säkert minskat. Stockholm har utvecklat sina skelettjordar och numer kontrolleras och dokumenteras anläggandet. Detta i kombination med fortsatt uppföljning av anläggningarna kan ge erfarenheter som, om de samlas och sprids vidare, ökar branschens kunskapsnivå ytterligare. Forskning behövs också för att studera vad som händer med skelettjordsanläggningarna på lång sikt. Genom att använda skelettjord på rätt plats och situationsanpassa dem, tror jag att anläggningarna kan bli goda investeringar.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1 INLEDNING	3
1.1 Bakgrund	3
1.2 Syfte.....	3
1.3 Avgränsning	4
2 SKELETTJORDAR – BAKGRUND OCH UTVECKLING	5
2.1 Stadsträdens historia.....	5
2.1.1 Europas stadsträd.....	5
2.1.2 Stadsträdens svenska historia	5
2.1.3 Stockholm.....	6
2.2 Trädrötters funktion och behov	7
2.2.1 Förhållandet rot/skott.....	7
2.2.2 Rotsystem	7
2.2.3 Rötter och rottillväxt.....	8
2.2.4 Syre.....	9
2.2.5 Vatten	9
2.2.6 Växtnäringsämnen	10
2.2.7 Växtnäringsämnenas tillgänglighet	11
2.2.8 Ledningstal	11
2.3 Urban mark.....	12
2.3.1 Variation i mark.....	12
2.3.2 Strukturförändring och kompaktion	12
2.3.3 Jordskorpa.....	12
2.3.4 Förhöjt pH	13
2.3.5 Begränsat gasutbyte.....	13
2.3.6 Störd näringscykel	13
2.3.7 Främmande material	13
2.3.8 Förändrad jordtemperatur	13
2.3.9 Trädens jordvolym som begränsande faktor	14
2.3.10 Rötternas skadeverkningar i urban miljö.....	14
2.3.11 Planera för växterna.....	14
2.4 Skelettjordar	15
2.4.1 Holland	16
2.4.2 Tyskland	17
2.4.3 Danmark	18
2.4.4 USA	19
2.4.5 Sverige	19
Stockholm.....	20
2.4.6 Kritik mot skelettjordar	20
3 MATERIAL OCH METODER.....	21
3.1 Urval av träd	21
3.2 Val av plats för grävning	21
3.3 Mätning av antal rötter	21
3.4 Bedömning av skelettjord/överbyggnad.....	22
3.5 Jordprov	22
3.6 Analys.....	22
4 FALLSTUDIE I STOCKHOLM.....	23

4.1 Trädarter i anläggningarna.....	24
4.1.1 Prunus	24
4.1.2 Tilia.....	24
4.2 Tegelviksgatan.....	25
4.2.1 Resultat Tegelviksgatan.....	28
Träd 4.....	28
Träd 46.....	29
Träd 34.....	30
Träd 8.....	31
Jämförelse med handlingar	32
4.3 St: Eriksområdet / Grubbensringen	33
4.3.1 Yttre Grubbensringen	34
4.3.1.1 Resultat yttre Grubbensringen	35
Träd 6.....	35
Träd 19.....	37
Jämförelse med handlingar	38
4.3.2 Inre Grubbensringen	39
4.3.2.1 Resultat inre Grubbensringen	42
Träd 9.....	42
Träd 20.....	43
Jämförelse med handlingar	45
4.4 Karl XII:s torg	46
4.4.1 Resultat karl XII:s torg	48
Träd 3.....	48
Träd 48.....	49
Träd 58.....	50
Jämförelse med handlingar	51
5 DISKUSSION	53
5.1 Metodkritik	53
5.2 Vikten av kunskap	53
5.3 Skelettjordarnas uppbyggnad	54
5.4 Näringstillståndet.....	56
5.5 Rotutveckling/vitalitet	57
5.6 Förslag på åtgärder	59
5.6.1 Gemensamt för samtliga anläggningar.....	59
5.6.2 Tegelviksgatan.....	59
5.6.3 Yttre Grubbensringen	59
5.6.4 Inre Grubbensringen	60
5.6.5 Karl XII:s torg	60
5.7 Vidare utveckling och forskning	60
6 SLUTSATSER	62
7 KÄLLFÖRTECKNING	63
BILAGOR	67
Bilaga 1: Undersökningsformulär	69

1 INLEDNING

1.1 Bakgrund

Gamla träd – visst är de vackra. Vad är det som gör dem så speciella? Varför är en ”uppvuxen trädgård” något som lyfts fram i mäklarnas bostadsannonser? Kanske är det den ombonade känsla som ett krontak kan ge eller det lugn susningarna i löven skänker. Kanske är det livskraften dessa stora träd symboliserar. Stora träd med grov bark verkar ha funnits på sin plats sedan urminnes tider, även om många av dem var väldigt unga för bara en mansålder sedan. Med sitt skrovliga och knotiga yttre och med sin tjocka midja, imponerar de på oss. Till och med helt nakna i kallt vinterljus kan de konsten att hänföra. Tänk att få åldras så!

Träden i staden har svårt att få sina behov tillgodosedda och blir därför sällan gamla. Konkurrenten är stor om utrymmet både över och under mark. Det är en utmaning att finna metoder för etablering av träd som kan utvecklas till fullvuxna individer. Jag ser gärna en grön miljö i våra städer, men jag tror också att vi får inse att det finns platser där vi bör undvika att plantera träd. Enligt min mening är det ett viktigt och intressant område att arbeta med och jag hoppas att vi i framtiden kan se fler situationsanpassade lösningar.

Under hösten 2005 och våren 2006 pågick ett projekt i samarbete mellan institutionen för landskaps- och trädgårdsteknik, SLU, Alnarp och Stockholms Stads Trafikkontor, som syftade till att öka kunskapen om hur skelettjordar görs och om de fyller sin tänkta funktion. Forskningstraineen Josefine Pettersson skrev en rapport som bland annat beskrev en fallstudie i Stockholm, där träd som stod i skelettjord vitalitetsbedömdes och tillväxtnmättes. En slutsats i rapporten var att det behövdes utförligare undersökningar i form av uppgrävningar av de anläggningar där träden inte uppvisade en acceptabel tillväxt. En fråga som väcktes hos mig efter att ha läst rapporten, var om skelettjorden i anläggningarna verkligen såg ut så som handlingarna anvisade.

Om det är så att träd med dålig vitalitet inte står i en skelettjord som är uppbyggd enligt anvisningarna, kan det vara en förklaring till deras tillstånd. Utan kunskap om detta kan skelettjorden få oförtjänt dåligt rykte och förkastas som alternativ i anläggningar där det hade varit den bästa lösningen. Är det å andra sidan så att träden faktiskt är placerade i en skelettjord som följer handlingarna, behövs en fördjupad kunskap om varför anläggningen inte fungerar, så att en utveckling och anpassning av skelettjorden kan ske.

Jag fick möjligheten att i mitt examensarbete fortsätta där Pettersson slutade och har med hjälp av Stockholms Stad kunnat genomföra en studie av trädröters utveckling i skelettjord.

1.2 Syfte

Det övergripande syftet med detta arbete var att få svar på om, och i så fall hur, trädröterna hade vuxit och utvecklats i fallstudiens skelettjordar i Stockholm, samt om skelettjordarna såg ut som handlingarna föreskrev. Ytterligare ett syfte var att undersöka ett eventuellt samband mellan resultatet av undersökningarna och trädens vitalitet.

Ett annat, mer personligt, syfte var att utifrån fallstudiens resultat och den kunskap jag inhämtade via litteraturen, kunna dra mer generella slutsatser om skelettjord som anläggningsmetod.

1.3 Avgränsning

Fallstudien är avgränsad till anläggningar i Stockholm där träden sedan tidigare är vitalitetsbedömda. Inga nyare anläggningar ingick i den förra studien och därmed avgränsas även detta arbete avseende åldern på skelettjordarna.

Samtliga skelettjordar är utförda som nyplanteringar och hur rötter växer där skelettjord använts som vitaliseringsåtgärd har därför inte undersökts.

Litteraturstudien är avgränsad till sådant som kan fungera som bakgrund till fallstudien och den förutsätter viss grundkunskap hos läsaren.

För att studien skulle rymmas inom ramarna för examensarbetet, har en avgränsning gjorts avseende vilka faktorer som skulle vägas in vid bedömningen av rötternas utveckling i skelettjordarna. En okulär bedömning av anläggningarna har gjorts, rötter har uppmätts och jordprovsanalyser har vägts in i resultatet. Däremot har inga vidare laboratorieanalyser gjorts av jordfuktighet, saltinnehåll eller andra eventuella gifter. Studien har också avgränsats till faktorer under mark.

Skelettjordars kostnader i relation till andra metoder berörs inte i detta arbete.

2 SKELETTJORDAR – BAKGRUND OCH UTVECKLING

2.1 Stadsträdens historia

Redan för 4000 år sedan planterades träd i Egypten och på 1200-talet utnyttjade man i Kina trädens skuggande effekt genom att placera dem längs gatorna i Peking (Beijing). Annars var det utmärkande för antikens städer att träden planterades på privat mark, hos den rika överklassen. Det stora flertalet fick inte del av grönskan utan bodde trångt i tättbebyggda städer där de smala gatorna tjänade som både färdvägar och avlopp. (Miller 1997)

2.1.1 Europas stadsträd

I medeltidens städer i Europa var träden, som då ofta var fruktträd, fortfarande förbehållna överklassen. Under 1500-talet började de välbeställda i Italien att flytta ut från städerna och bygga villor med tillhörande alléer och inhägnade trädgårdar. Spanien och Frankrike tog snart efter och under 1600-talet spred sig bruket av alléer in i städerna där de tjänade som promenadstråk. Alléer som även var avsedda för fordonstrafik fick i Frankrike namnet boulevarder. Även om planteringarna nu fanns på vissa allmänna platser, var de belägna i de fina kvarteren. Under 1700-talet ökade antalet boulevarder i Europa och parker började anläggas men inträdesavgifter och klädkoder innebar att de lägre klasserna stängdes ute. I början av 1800-talet beslutades i England att fler parker skulle anläggas och att alla skulle ha tillgång till dem. Fler av Europas länder följde efter och i Paris utvecklades en stil som många städer, även utanför Europas gränser, skulle ta efter. Den byggde på ett linjärt rutnät av gator, varav många boulevarder som sträckte sig ut till ytterområdena av staden. Torg och parker var också en del av stadsbilden. I England utvecklades landskapsparker med en informell karaktär. (Miller 1997)

2.1.2 Stadsträdens svenska historia

I Sverige började stadsbildningarnas utveckling under medeltiden. Kvarter och gator följde ofta gamla vägar och topografin fick avgöra stadsrummets utformning. Man färdades till fots på smala gator och bebyggelsen stod tätt. Det fanns inte mycket plats för träd, utan de träd som fanns växte på gårdar och eventuellt på stadens torg. (Pålstam 2003)

Rutnätsstaden var 15- och 1600-talens ideal och stadsplaner började utformas. Många städer hade dock kvar sin täta medeltidsstruktur. Detta ledde till en reaktion på 1800-talet då man ville förändra dessa osunda bostadsmiljöer. Brandskydd och sundhetsfrågor blev viktiga. Ljusinsläpp och breda, trädkantade boulevarder och avenyer användes av stadsplanerarna för att omvandla städerna. Träden blev på detta sätt vanligare i stadsmiljön. Häst och vagn var vid denna tidpunkt ett vanligt färdmedel och vid slutet av 1800-talet kom spårvagnar. I början av 1900-talet kunde man se de första bilarna rulla fram på gatorna. Det gick bra fram tills efter andra världskriget då biltrafiken ökade kraftigt och det blev tydligt att väg- och gatunätet inte var dimensionerat för så många bilar. De nödvändiga ombyggnaderna medförde att trädrader togs bort där gator breddades, eller att trädens utrymme minskade. (Pålstam 2003)

Minskningen av trädens utrymme skedde även under mark. Redan i slutet av 1500-talet byggdes de första underjordiska vattenledningarna, men det var inte förrän under 1880-talet som den riktiga utbyggnaden av vatten- och avloppsledningar påbörjades. Sedan dess har fler typer av ledningar grävts ner, såsom gas-, tele- och elledningar, följt av fjärrvärmeledningar och datakablar. På grund av denna utveckling råder idag en stor konkurrens om stadens utrymme, både ovan och under mark. (Pålstam 2003)

2.1.3 Stockholm

Engagemanget för sundare städer i mitten av 1800-talet påverkade Stockholms stadsplanering. 1866 lades en plan fram för stadskärnan som ville ge stadsborna mer ljus, frisk luft och tillgång till naturen genom stor mängd av planteringar och parker. Breda planterade gator som möttes i stjärnpunkter skulle bryta det gamla rutnätet av gator och diagonala stråk föreslogs för att korta avstånd och skapa gaturum. Tanken med denna form av esplanadsystem hade funnits redan några år tidigare för området utmed Nybroviken och där började anläggningsarbetena av den 72 meter breda gatan i början av 1860-talet. 1879 planterades de första träden längs gatan. Bostadshusen utmed de nya vackra esplanaderna var påkostade och endast höginkomsttagare hade möjlighet att bo där. Låginkomsttagarna bodde i små lägenheter i gårdshusen. (Andersson 1998)

För att råda bot på den bostadsbrist som uppstod, främst bland stadens låginkomsttagare, när befolkningen ökade, utökades Stockholms landareal genom uppköp av mark. Stockholms trädgårdsstäder växte fram i början av 1900-talet. De bestod av låga hus och trädgårdar åt alla (Andersson 1998). Frukträd och bärbuskar var vanliga (Stockholms parkprogram 2006). Gatorna bildade mönster som innebar att det skapades triangelformade parker och platser på vissa ställen. Parkerna var viktiga i planeringen (Andersson 1998). Koloniområden började vid denna tid också växa fram (Stockholms Stad 2006). Hela första halvan av 1900-talet präglades av större och grönnare bostadsgårdar och en stark utveckling av parkerna (Andersson 1998).

På 1960-talet blev storskalighet gällande i Stockholm i form av bland annat flera storcentrum och höghus. Kritik kom snart mot både arkitektur och utemiljö men miljonprogrammet, som skulle ge en miljon nya lägenheter på tio år, genomfördes. I innerstaden innebar miljonprogrammet rivning av gammal bebyggelse, men 1971, när almarna i Kungsträdgården skulle fällas, blev opinionen för hård. Fällningen stoppades och den planerade uppgången till tunnelbanestationen fick byggas i kvarteret bredvid parken. (Andersson 1998)

Under 1980-talet skedde en upprustning av staden och i ett par nya stenstadskvarter anlades nya parker (Andersson 1998). Tyngdpunkten i parkverksamheten var dock underhåll och upprustning. Grönplaner upprättades som visade var de viktigaste grönområdena fanns och hur de skulle underhållas (Stockholms Stad 2006). För att gående bättre skulle kunna använda gaturummet i innerstaden och för att få in mer grönska, var en minskning av trafiken en nödvändighet. I början av 1990-talet beslutade man därför att en ringled i tunnel skulle byggas (Andersson 1998).

Stockholms parkförvaltning har på senare år genomgått många omorganisationer. Ansvaret låg i flera år på fritidsförvaltningen men 1993 övergick investeringar, anläggning och skötsel till gatu- och fastighetskontoret medan stadsplanläggningen lades på stadsbyggnadskontoret. 1996 fick stadsdelsförvaltningarna ta över ansvaret för skötseln

och 2006 lades även parkinvesteringarna på dem. Gatu- och fastighetskontoret delades 2006 upp i markkontoret, trafikkontoret och fastighets- och saluhallskontoret. Markkontoret fick det övergripande policyansvaret för parkfrågorna och trafikkontoret fick ansvar för vissa centrala parker samt för träden på gatumark. (Stockholms Stad 2006)

2.2 Trädrötters funktion och behov

För att förstå varför trädrötter utvecklas som de gör i den urbana marken, har jag valt att titta närmare på några av rötternas grundläggande egenskaper och behov.

2.2.1 Förhållandet rot/skott

Rötter och skott har olika funktion i ett träd och uppbyggnaden skiljer sig åt, men en samverkan mellan delarna är nödvändig för trädets överlevnad. För att förstå hur rotsystemet fungerar måste man därför studera detta samspel. Trots att rötterna utvecklas och växer under marken är de beroende av energi från fotosyntesen i skotten och skotten behöver vatten och näring som tas upp av rötterna. Trädet strävar efter en balans mellan dessa funktioner och sker någon form av påverkan på rötternas funktion märks detta därför även på skotten och tvärt om (Kolek & Kozinka 1992). Ett exempel på detta är att rotsystemets tillväxt är lägre på skuggiga platser än på solbelysta (Craul 1992).

Det växttillgängliga vattnet i jorden är viktigt för både rötter och skott. Tillväxten vid tillräcklig vattenmängd är större för skotten än för rötterna då rötterna kan öka upptagningen av vatten med ett relativt litet rotsystem. Blir vattnet en begränsande faktor påverkas också skotten mer på så sätt att deras tillväxt avtar fortare än rötternas. (Kolek & Kozinka 1992)

2.2.2 Rotsystem

Hos unga träd kan man urskilja tre generella typer av rotsystem: pålrot, hjärtrot och sänkrot. Pålroten kännetecknas av en central djupgående rot varifrån sidorötter växer ut. Hjärtroten har ett förgrenat rotsystem med ett antal huvudrötter som breder ut sig nedåt och åt sidorna. Sänkrotsystemet slutligen har ytliga huvudrötter som breder ut sig horisontalt och ”skickar ner” sänkrötter. (Craul 1992)

Ju äldre trädet blir, desto mer påverkat av omgivningen blir rotsystemet. De flesta rötter återfinns i jordlagrets översta meter och huvuddelen av de finaste rötterna finns i de översta 15 centimetrarna. Den horisontella utbredningen av rötterna i stadsmiljö är svårare att bestämma eftersom rötterna växer där de kan och inte följer ett specifikt mönster. Rötterna kan växa långt utanför kronans dropplinje. (Craul 1992)

Rotsystemet består av tre olika typer av rötter: huvudroten, sidorötter och adventivrötter. Huvudroten är den centrala rot som bildas först. Sidorötter bildas vid förgrening av rötterna innan de har hunnit förvedas och de kan förgrena sig i flera led och bli mycket tunna. Adventivrötter utvecklas från träddeklar ovan mark, stamdeklar under mark och från äldre rötter. Nya rötter som vuxit ut från sidan av kapade rötter kan alltså vara adventivrötter. (Kolek & Kozinka 1992)

Många rotsystem lever i symbios med mycorrhiza, en svampform som förgrenar sig ut i jorden och därmed ökar rotsystemets totala vatten- och näringsupptagande yta. Den fungerar också till viss del som skydd åt rötterna. Vissa rothårslösa arter är beroende av mycorrhizan för sin överlevnad. (Craul 1992)

2.2.3 Rötter och rottillväxt

De förutsättningar som krävs för att trädrötter ska kunna växa är främst tillgång på syre i jorden, porutrymme och tillgängligt vatten. Rötterna växer vid ett pH på 3,5-8,2 och en jordtemperatur på mellan 4°C och 34°C. (Coder 1998)

Rötter har en primär och en sekundär tillväxt. Under den primära tillväxten förlängs roten som då är tunn och har tunna cellväggar som kan absorbera vatten och näring. För denna upptagningsfunktion är rothåren viktiga och de bildas också i den primära tillväxtzonen. Rothåren är kortlivade och påverkas av faktorer som temperatur, markluft, pH och näring. Väldränerade men fuktiga jordar gynnar rothåren medan våta och torra jordar samt salt verkar negativt på dem. Under den sekundära rottillväxten förgrenar sig rötterna och växer i tjocklek. Cellväggarna blir vedartade och absorptionsförmågan minskar, men avstannar inte helt. De äldre, stora rötterna lagrar energi och stabiliserar hela trädet om rotsystemet är väl utvecklat. (Craul 1992)

Rottillväxten sker i den yttersta delen av roten och denna del skyddas i rotspetsen av en rotmössa. Den producerar ett växtslem som underlättar framkomligheten i jorden. Rotsystemets tillväxtmönster och uppbyggnad är artspecifikt och därmed reagerar arter olika på de förutsättningar (och begränsningar) som finns i marken (Kolek & Kozinka 1992). Vid trädplaneringen i en stad är det viktigt att känna till hur de olika rotsystemen beter sig för att kunna välja rätt träd för platsen, eller anpassa platsen för önskad art (Craul 1992).

Rötterna växer där det finns minst motstånd vilket kan vara stora porer, tidigare rotkanaler och gångar skapade av markfaunan (Craul 1992). Jordstrukturen är därför viktig för rötternas tillväxt. Rötterna måste vidga små porer för att kunna ta sig fram och hur mycket rötterna växer beror på hur stort tryck de måste utöva (Killham 1994). Rötter har visat sig ha förmågan att ändra form när de möter motstånd. De expanderar, blir tunnare och expanderar sedan igen. Detta har man sett i experiment med rotbarriärer (Rolf & Stål 1998). Optimalt för rötterna är ändå om det finns många sammanhängande stora porer där de lätt kan ta sig fram. Sprickor i jorden ger också utrymme för tillväxt. I en lerjord som ömsom sväller och ömsom torkar, uppstår lätt sprickor och en sådan jord kan därför, trots den täta sammansättningen, erbjuda rötterna tillväxtutrymme. Packning av jorden minskar porerna och försvårar därmed rötternas tillväxt. De minskade porerna innebär också att markvattnet stoppas upp och i den packade jorden blir det svårtillgängligt. Gasutbytet mellan marken och atmosfären försämras och näringsflödet minskar. (Killham 1994)

Så länge syre och fukt finns, kan en längdtillväxt av rötterna ske och de kan då växa ut till bättre förutsättningar där de förgrenar sig och ökar i tillväxt. Om det är ont om vatten eller temperaturen ökar, minskar diametern på rötterna till förmån för längdtillväxten som då inte avstannar helt. De tunnare rötterna deformeras lättare av motstånd i jorden och det leder till försämrad trädstabilitet. (Coder 1998)

Det är inte bara jorden som påverkar rötterna utan förhållandet är också det omvända. Rötterna binder jorden och tillför organiskt material vilket förbättrar jordstrukturen. På sin väg genom jorden skapar rötterna kanaler och rottillväxten gör också att jorden luckras upp. Det förbättrar förutsättningarna för markvattnets rörelse och gasutbytet i jorden. (Craul 1992)

Faktorer som påverkar rötterna negativt och som leder till stress för hela trädet är enligt Kolek och Kozinka (1992) temperaturer under och över det optimala, torka, salt och syrebrist.

När ett träd utsätts för torka är en överlevnadsstrategi att fälla löven. På motsvarande sätt minskas rotsystemet och nya rötter växer ut när jorden återfuktas. Rötter dör också vid andra typer av stress och också på grund av mekaniska skador. De döda rötterna förmultnar redan efter ett par dagar och mängden rötter i jorden kan därför under en säsong variera kraftigt. (Craul 1992)

2.2.4 Syre

Vid fotosyntesen tas koldioxid upp från den omgivande atmosfären och syre avges. I den process som kallas rotandning sker det omvända, nämligen syre tas upp från markluften och koldioxid avges. (Kolek & Kozinka 1992)

Nästan allt liv i marken behöver syre. Nedbrytare i form av olika djur och mikroorganismer likväl som rötter förbrukar syre och avger koldioxid i den andningsprocess som ger dem energi. Behovet av syre är störst i den översta markhorisonten där flertalet rötter växer och mikroorganismer och djur lever (Rowell 1994). Utöver syre behöver mikroorganismerna som bryter ned humus också hög temperatur, lagom fuktighet och riklig näringstillgång. Finns dessa förutsättningar är nedbrytningshastigheten hög, medan den avtar med försämrade förhållanden och ibland avstannar nedbrytningen helt. (Wiklander 1976)

På grund av rotandning och förmultning så är koldioxidhalten i markluften högre än i atmosfären och syrehalten lägre. För att inte syrebrist ska uppstå sker en markandning där koldioxid diffunderar från marken och syre ner i marken (Wiklander 1976). Ju större djup, desto svårare är det för syret att tränga ner i jorden och koldioxiden att ledas ut (Craul 1992). Gasutbyte pågår under vår, sommar och höst då också förmultningsprocesserna är som mest aktiva (Wiklander 1976).

2.2.5 Vatten

Växter behöver vatten för sin tillväxt, men vattnet i marken fyller fler viktiga funktioner. Mikroorganismernas biologiska aktivitet äger rum i vattnet, växttillgänglig näring finns löst i markvätskan, kemiska reaktioner sker här och vattnets rörelse transporterar partiklar och ämnen genom marken. (Rowell 1994)

Vatten i marken finns som både fritt vatten och bundet vatten. Fritt vatten består av dagvatten, sjunkvatten och grundvatten. Bundet vatten indelas i adsorptionsvatten, kapillärvatten och kemiskt bundet vatten. Adsorptionsvatten är det vatten som är bundet till jordpartiklarna med en adhesionskraft. Kraften avtar med ökad vattenhalt. I mo och sand finns nästan inget adsorptionsvatten, medan det i finkornig och kolloidrik jord

finns i betydande mängd. Det är nästan omöjligt att pressa ut detta vatten, men det kan avdunsta långsamt från jorden. Kapillärt vatten är det vatten som hålls kvar i kapillärerna genom en ytspänning som lyfter vattenpelaren till en viss nivå. Denna ytspänning kallas kapillärkraft. Den kapillära stighöjden växer med avtagande kornstorlek medan stighastigheten minskar. Kapillärvatten kräver dock att det finns fria kapillärer i jorden där vattnet kan stiga. Kemiskt bundet vatten är en del av mineraluppbyggnaden och är inte tillgängligt för växterna (Wiklander 1976). I en väl fungerande jord finns det makroporer med utrymme för luft, mesoporer med växttillgängligt vatten och mikroporer med vatten som inte är tillgängligt för växterna (Craul 1992).

När vatten rör sig ner genom marken sker en utlakning av växtnäringsämnen. Genomsläppliga jordar med enkelkornstruktur utlakas lättare än jordar med aggregatstruktur. Det är de näringsämnen som finns lösta i markvätskan som utlakas och de ämnen som är hårt bundna till markkolloiderna utlakas därför inte lika lätt. Utlakning av näringsämnen är en naturlig process som i begränsad omfattning är nyttig. Skedde ingen utlakning skulle salter och vittringsprodukter anrikas i marken med saltjord som följd. (Wiklander 1976)

2.2.6 Växtnäringsämnen

Växtnäringsämnena delas upp i makro- och mikronäringsämnen. Makronäringsämnena är C, H, O, N, P, S, Ca, Mg, K och Na och de upptas av växterna i större mängd än mikronäringsämnena som är Fe, Mn, Cu, Zn, Cl, Co, B, och Mo (Craul 1992). Näringsämnena förekommer antingen lösta i markvätskan, i utbytbar form eller i icke utbytbar form. Koncentrationen av de näringsämnen som finns lösta i markvätskan beror på vattenhalten och varierar mellan olika ämnen. De näringsämnen som finns i utbytbar form kan sägas fungera som förrådsnäring. Utbytbara joner görs växttillgängliga genom jonbyte och mängden utbytbara näringsämnen ökar med andelen ler och humus. I icke utbytbar form förekommer näringsämnen som fungerar som byggstenar i mineral, svårslösliga föreningar eller i förna, humus och i mikroorganismer. (Wiklander 1976)

Största delen av mineralnäringsämnena tas upp från markvätskan via rötterna och transporteras upp i trädet, men de kan också transporteras i motsatt riktning, antingen från äldre blad till nyare eller vid fruktsättning. Mineralnäringsämnen kan också föras tillbaka till rötterna från bladen. (Kolek & Kozinka 1992).

Träd som lider av näringsbrist uppvisar bristsymptom och löper också ökad risk att drabbas av insektsangrepp och sjukdomar (Craul 1992).

Nedan följer en kort beskrivning av de växtnäringsämnen som ingår i fallstudiens jordanalyser.

Kalium

Vanligen förekommer ca 1% av den totala mängden K i utbytbar form. Av detta är endast ca 1 % löst i markvätskan, men allt utbytbar K är växttillgängligt. Lerjordar håller betydligt mer K än sandjordar. Merparten av K finns som mineral-K, det vill säga i icke utbytbar form. Det blir tillgängligt för växterna endast vid frigöring genom vittring. Utlakningsförlusterna av K är oftast av samma storlek som lufttillfört K, så utlakning är vanligen inget problem. För att mäta mängden växttillgängligt K är det brukligt att använda AL-metoden. K-AL-talet ger mg K/100 g jord, genom extraktion

med ammoniumlaktat, och är ett mått på jordens innehåll av lösligt K. Eftersom K ständigt frigörs genom vittring kan det finnas behov av att mäta förrådet av K i jorden. Det görs genom extraktion med saltsyra och ger K-HCl-talet som också visar mg K/100 g jord. Jordarna indelas sedan i kaliumklasser och förrådsklasser numrerade 1-5 beroende på hur höga halter av K de uppvisar. (Wiklander 1976)

Fosfor

I utbytbar form förekommer P adsorberad av oorganiska kolloider och av humus. Jordart, mineralsammansättning och pH är avgörande för mängden fosfat. P-lösligheten är som högst i pH-intervallet 5,5-8,0. Över eller under detta bildas mycket svårslösliga föreningar. Löst i marklösningen är mängden P alltid mycket låg. P finns också bunden i olöslig eller svårslöslig form. 40-60 % av totalfosfor är oorganiskt bunden och den organiskt bundna fosfor kan uppgå till 30-60 % av den totala fosformängden. Den organiskt bundna fosfor frigörs vid humifiering och blir då växttillgänglig. Eftersom P binds så lätt i jorden, blir utlakningsförlusterna oftast små. Bestämningen av mängden växttillgänglig P sker på samma sätt som för K och man får ett P-AL-tal som mått på jordens innehåll av lösligt fosfor. P-HCl-talet ger mängden förrådsfosfor och jordarna delas in i fosforklasser och förrådsklasser på en skala mellan 1 och 5. (Wiklander 1976)

Magnesium

Största delen av markens Mg är mineral-Mg i icke utbytbar form, men Mg finns också löst i markvätskan och i utbytbar form. Utlakningsförlusterna av Mg är ofta större än tillförd mängd vilket innebär att Mg kan vara ett växtnäringsämne i underskott beroende på jordart och växtens behov. Mängden utbytbar Mg ökar med lerhalten. Det har visat sig att proportionerna av K och Mg är viktigare för växternas förmåga att ta upp Mg än markens pH. Om kvoten K-AL/Mg-AL överstiger 2 försvåras upptagningen av Mg. (Wiklander 1976)

2.2.7 Växtnäringsämnenas tillgänglighet

Det finns ett samband mellan pH och växternas förmåga att ta upp näringsämnen. Vid låga pH, under 5,0, försvåras upptagningen av nästan samtliga näringsämnen, och vid höga pH, över 7,5, är det främst näringsämnen som fosfor, järn och mangan som växterna kan lida brist av. (Wiklander 1976)

2.2.8 Ledningstal

Ledningstalet är ett mått på den elektriska ledningsförmågan och jordens saltinnehåll. Är ledningstalet under 1,5 kan det innebära otillräcklig näring och över 4,0 börjar saltinnehållet påverka växterna negativt (Wiklander 1976). Vattenupptagningen försämras eller avstannar vid hög salthalt i markvätskan vilket leder till att växten torkar ut (Craul 1992). Enligt Eva-Lou Gustafsson ¹ är dock det nedre gränsvärdet på 1,5 troligtvis för högt. Hon har erfarenhet av flera exempel på att växter med god vitalitet har växt i jordar med lägre ledningstal än 1,5.

¹ Eva-Lou Gustafsson, agronom, Landskapsutveckling, SLU Alnarp, personligt meddelande, maj 2007.

2.3 Urban mark

En urban jord kännetecknas bland annat av stor variation, förändrad struktur med kompaktion som följd, vattenavvisande jordskorpa, förhöjt pH-värde, begränsat gasutbyte, störd näringscykel, närvaro av främmande material och förändrad jordtemperatur (Craul 1992). Låt oss fördjupa oss lite i dessa egenskaper, vad de innebär för träden och i viss mån vad man göra för att förbättra situationen.

2.3.1 Variation i mark

Den stora variationen i marken är ett resultat av fyllningar, blandningar och liknande som gjorts vid anläggningsarbeten utförda vid olika tillfällen. Byggnadshistorien på en plats är avgörande för hur jorden ser ut. Variationen i mark med packad jord och hinder i form av byggelement, kantstenar m.m. gör att dräneringsförmågan på vissa platser är dålig. (Craul 1992)

2.3.2 Strukturförändring och kompaktion

Strukturförändringen av jorden är en följd av bland annat jordtransporter och det är heller inte ovanligt att jorden har legat en period på något upplag. Vid hanteringen av jorden sönderdelas ofta de stora aggregaten och strukturen försämras därmed med kompaktering som följd. Andra orsaker till den försämrade strukturen är brist på kontinuerligt tillfört organiskt material och därmed minskad biologisk aktivitet, avsaknad av fryseffekter i marken samt fysisk packning med dess negativa påverkan på jorden. (Craul 1992)

Jordpackning innebär att porerna i jorden minskar i storlek. Om porstorleken är mindre än de finaste rötterna, hindrar det rötternas tillväxt. Det blir brist på både växttillgängligt vatten, syre och utrymme (Coder 1998). Trädgropar i en packad jord ger träden en begränsad jordvolym eftersom rötterna inte har möjlighet att växa utanför gropen. Detsamma gäller för planteringar som skapats genom påförande av ett tunt lager växtjord på en packad mark. Rötterna kan då bara växa ytligt och förutom en begränsad jordvolym leder det också till instabila träd. (Craul 1992)

Försök i Danmark har visat att jorden på byggarbetsplatser blir så komprimerad att växter som planteras i den förmodligen får en hämmad tillväxt. Undersökningen gjordes på byggplatser med lerhaltiga jordar och jordens täthet mättes ner till en meters djup. Komprimeringsskador fanns genom hela djupet (Randrup 1996). Randrup (1996) trycker på vikten av att skydda jorden från trafik och vibrationer under byggtiden.

2.3.3 Jordskorpa

En effekt av den aktivitet som sker på markytan i en stad kan vara att vegetationen slits bort och blottlägger jorden. Vid regn slås då aggregaten i jordytan sönder och en vattenavvisande jordskorpa bildas. (Craul 1992)

2.3.4 Förhöjt pH

Vittring av betongfasader, byggelement och marksten bidrar till att höja pH-värdet i den urbana marken genom sitt bidrag av kalcium. Tillskott av kalcium kan också komma från bevattning. (Craul 1992)

2.3.5 Begränsat gasutbyte

Packningen av jorden, liksom olika täta ytskikt såsom jordskorpa, marksten eller asfalt, begränsar det viktiga gasutbytet i marken (Craul 1992).

2.3.6 Störd näringscykel

Det organiska material som bildas i stadsmiljön städas ofta bort eller hindras från återföring till marken genom hårda ytor. Organiskt material har en strukturförbättrande effekt och den går alltså förlorad. Istället bryts aggregatstrukturen ner och det ger färre antal makroporer och högre jorddensitet. Den vattenhållande förmågan försämras också och eftersom organiskt material bidrar med kväve och fosfor, har den urbana jorden en låg halt av dessa viktiga ämnen. Den näring som kommer från mineralvittring i naturliga jordar och transporteras uppåt genom horisonterna går dessutom också förlorad på grund av täta ytskikt som hindrar transporten uppåt. Ofta finns det också täta skikt mellan terrassen med ursprungsmaterial och den urbana jorden. (Craul 1992)

2.3.7 Främmande material

Byggsrot kan innehålla behandlat trä, betong, glas, metall, plast, asfalt, papper och mycket mer. Det används i betydande omfattning i fyllnadsmaterial och påverkar miljön. Ämnen som frigörs kan vara giftiga för mikroorganismer eller rötter, pH-värdet kan påverkas, gaser kan bildas som ersätter syret i markluften och materialet kan fungera som hinder för rottillväxt. (Craul 1992)

Vägsalt är en form av förorening som är vanlig i stadsmiljö. Saltet försvårar näringsupptagningen och löser upp jordstrukturen så att porerna fylls igen. Det påverkar infiltrationen och gasutbytet negativt. En hög salthalt leder också till att vattenupptagningen i rötterna minskar och trädet får torkskador. (Craul 1992)

2.3.8 Förändrad jordtemperatur

Temperaturen i staden är ofta högre än i förorterna och på landsbygden. Dessutom varierar klimatet inom staden som på så vis kan hysa flera ståndorter. Detta är känt sedan länge och påverkar givetvis vegetationen. Vad som har diskuterats mindre är den förhöjda temperaturen under mark. Undersökningar från USA visar att hårda och täta ytskikt spelar en stor roll för temperaturstegringen i jorden och den kritiska punkten för när temperaturen påverkar trädrötterna, och därmed vitaliteten, negativt verkar vara mellan 32°C och 36°C. Tåligheten skiljer sig mellan olika arter och sorter men genomgående är det så att långvarig förhöjd temperatur är värre än tillfällig temperaturstegring. Det är också så att höga jordtemperaturer förstärker de negativa effekterna vid torka (Graves 1998). Finkorniga jordar, såsom lerjordar, betecknas som kalla jordar men de håller en förhållandevis jämn temperatur. Grus- och sandjordar betecknas som varma jordar men temperaturfluktuationerna kan vara stora. (Wiklander 1976)

2.3.9 Trädens jordvolym som begränsande faktor

I sin naturliga miljö upptar ett fullvuxets träd rotsystem en stor jordvolym. Rötter kan finnas på ett avstånd långt större än höjden på trädet och rötter från flera träd delar på jorden. I parker och stora öppna planteringar kan samma förhållande finnas, men vanligtvis är jordvolymen starkt begränsad i urban miljö. I en undersökning av 1500 vuxna träd i städer i USA tittade man på hur stor jordvolym rötterna upptog. De träd som hade god vitalitet och hade en stamdiameter större än 63,5 cm, använde som minst 17 m³ och som mest 34 m³. (Craul 1999)

Trädgropen i staden är ofta för liten vilket leder till en försämrad vitalitet hos trädet (Grabosky et al. 1998). En negativ effekt är rotsnurr då rötterna växer in i varandra och runt trädet. Då rötterna inte kan växa, anpassar sig skotttillväxten därefter och blir också mindre. Bladen minskar i storlek och när det tillgängliga vattnet inte räcker till det växande trädet, gulnar de och faller av tidigt (Craul 1992). De träd som klarar sig har ofta rötter som vuxit ut under den omgivande beläggningen med skador i denna som följd. Det ger inte bara stora reparationskostnader utan innebär också att träden kan ta skada och dö då grova rötter kapas i samband med reparationsarbetena. För att lösa konflikten mellan trädens behov av porös jord och de hårdgjorda ytornas krav på bärlast behövs samarbete och bättre kommunikation mellan den gröna sektorn och designers och ingenjörer. (Grabosky et al. 1998)

Volymberäkning

För att beräkna hur mycket jord ett träd behöver kan man räkna ut hur mycket vatten trädet förbrukar när det nått sin slutgiltiga storlek. För denna beräkning krävs data som bladmassa och klimatförhållanden. Därefter kan man utefter jordens vattenhållande förmåga räkna ut den jordvolym som krävs för att tillgodose vattenbehovet (Trowbridge & Bassuk 2004). Med denna modell som utgångspunkt, så visar det sig att det behövs mellan 0,3 och 0,75 m³ jord per m² kronprojektion (Rolf & Moback 1991).

Två träd som växer i en gemensam växtbädd får tillgång till större jordvolym än om de hade planterats var för sig. Där det är möjligt bör man utnyttja detta och använda sig av sammanhängande växtbäddar. (Trowbridge & Bassuk 2004).

2.3.10 Rötternas skadeverkningar i urban miljö

Trädrötter som växer utanför sin planteringsgrop orsakar ofta kostsamma skador såsom sättningar på husgrunder, sprickor i markbeläggningar och rotinträngningar i avloppsledningar (Stål 2001). I ledningarna finns både vatten och näring och de omges av porösa leningsgravar som rötter lätt tar sig fram i. Ett träd som planterats på en plats med goda växtförutsättningar har mindre benägenhet att söka sig till ledningar, och om det ändå gör det, tar igenväxningen ofta längre tid än om växtförutsättningarna är dåliga. (Orvesten et al. 2003)

2.3.11 Planera för växterna

Gångtrafik likväl som fordonstrafik, vibrationer och jordhantering av olika slag packar, som tidigare nämnts, jorden. Planering innan anläggandet av växtbäddar är viktig för att

undvika packningsskador. Jordtexturen bör analyseras. Den ska ha en vattenhållande förmåga samtidigt som fin sand och silt bör undvikas på grund av packningsrisken. Trädvalet är också en del av planeringen. Det finns arter som har en hög tolerans mot kompakta jordar och det är samma arter som klarar anaeroba förhållanden bra. (Craul 1992)

Täta markbeläggningar försämrar avsevärt situationen för träden. Det hindrar gasutbyte och infiltration av vatten. Återförseln av organiskt material uteblir också med försämrad näringsbalans som följd. Öppna ytor är att föredra och det finns flera varianter att välja mellan. Undervegetation i form av perenner eller örtvegetation är ett sätt som bidrar till näring genom organiskt material. Om ytan kräver trafik kan armerad bergkross 4-8 mm användas som ytskikt över skelettjord. Ytan blir då helt vattengenomsläpplig och förutsättningarna för trädet blir betydligt bättre än om marksten används där bara fogarna släpper igenom luft och vatten. (Stål 2001)

Tillverkade jordar kan aldrig helt efterlikna de naturliga. Det största problemet vid tillverkning är att få en bra struktur på jorden. För att få tillräckligt porutrymme och minimera risken för packning, har sandiga jordblandningar visat sig bäst lämpade bland de tillverkade jordarna. Den naturliga jorden är indelad i horisonter med humus i de översta lagren och mineraljord längre ner. I växtbäddar med ett större djup än 45 cm kan indelningen i horisonter tillämpas även i den tillverkade jorden. Det översta lagret får en inblandning av mull, och därunder används mineraljord. (Craul 1999)

Enligt Couenberg (1998) är syretillgången i regel för liten på ett djup av 1000 mm från markytan, och trädgropar bör därför inte göras djupare än så. För stabiliteten av trädet är det viktigt att rotsystemet kan breda ut sig i takt med att trädet växer. Kravet på bärighet blir avgörande för hur det rottillgängliga utrymmet ska anläggas. (Couenberg 1998)

2.4 Skelettjordar

Skelettjordar består av två delar: ett skelett av sten som bär lasterna från aktiviteterna ovan mark, och jord för att utöka det rottillgängliga utrymmet i marken. Stenarna i skelettet har kontakt med varandra för att säkerställa stabilitet och för att få så stort utrymme som möjligt mellan stenarna bör de ha ett snävt storleksintervall. Mellan stenarna bildas sammanhängande utrymmen som är avsedda för jord, vatten, luft och rötter. Om jordvolymen som tillsätts överstiger det utrymme som uppstår mellan stenarna finns det risk för jordpackning och att skelettet rubbas med minskad bärighet som följd. En svårighet vid tillverkningen av skelettjord är att få en jämn blandning med rätt proportioner. (Trowbridge & Bassuk 2004)

Skelettjordar är avsedda att användas under trottoarer, parkeringsplatser och eventuellt gator med mindre trafik, och enbart på platser som inte kan erbjuda tillräcklig jordvolym på annat sätt. Eftersom skelettjorden ger rotsystemet plats att utvidga sig, minskar benägenheten för rötterna att växa uppåt mot ytskiktet och skador i slitlagret undviks (Trowbridge & Bassuk 2004). Tillgången till grundvatten och typen av ytmateriel påverkar starkt mängden rottillgängligt vatten och syre och det är därför viktigt att anläggningen utformas efter de omständigheter som råder på platsen. Om vattentillgången är ett problem, antingen på grund av tillgången på grundvatten, eller/och brist på infiltration, måste det åtgärdas på något sätt. Kan man öka infiltrationen är det bra, men det kan också vara nödvändigt med tillförsel av vatten. På andra platser kan vatten-

mängden bli för hög, och där krävs det dränering. Om syretillgången i marken inte är tillräcklig på grund av täta ytskikt kan ett byte till mer genomsläppligt material vara en lösning. Om det inte är möjligt är ett luftningssystem med perforerade rör ett alternativ. För att ett luftflöde ska uppstå måste systemet ha öppningar ut i den omgivande luften i båda ändar (Couenberg 1998). Luftning kan också ordnas genom att ett lager av sten eller skärv placeras mellan skelettjorden och beläggningen. För att undvika att lagrets hålrum fylls igen täcks det med geotextil. Rör genom beläggningen förbinder lagret med atmosfären och lagret kan också gå upp i planteringshålet (Kristoffersen 1996). Enligt Kristoffersen (1996) kan luftningslagret även användas vid bevattning. Avseende växtval är det lämpligt med torktåliga arter som trivs i alkaliska jordar då detta ofta präglar den miljö som skelettjorden erbjuder (Trowbridge & Bassuk 2004).

För träden är det bäst om skelettjorden placeras så högt upp i anläggningen som möjligt. För att minska risken för sättningar i beläggningen har försök gjorts med geoarmeringsnät. Det placeras i bärlagret eller sättsanden över skelettjorden och för att ha effekt måste det nå ut över den traditionella överbyggnaden (Kristoffersen 1996).

I Danmark har det utarbetats en modell för att beräkna hur stor volym rotvänlig överbyggnad som det krävs till ett träd. Modellen gäller för det klimat som råder i Danmark. Ett träd med 8 meters krondiameter behöver enligt modellen 12 m³ lerblandad sandjord, eller 10 m³ sandblandad lerjord. För sandblandningar som Amsterdam Tree Soil (se 2.4.1) och liknande skelettjordar är resultatet av beräkningen detsamma som den mängd skelettjord som behövs. För skelettjordar med skelett av sten och jordfyllda hålrum, väcks frågan om hur man ska beräkna jordvolymen i dessa. Räknar man bara jordmängden som är ca 30 % av blandningen, så innebär det stora arealer skelettjord. Istället för att multiplicera jordmängden upp till 100 % föreslår Kristoffersen en uppräkningsfaktor till 50 %. Det betyder dubbel mängd total skelettjord jämfört med enbart jord. Eftersom volymberäkningarna görs med utgångspunkt av hur mycket vatten träden behöver, måste man vid denna omräkning ta i beaktande att det kan behövas bevattning i framtiden. (Kristoffersen 1996)

Nedan följer en beskrivning av skelettjordarnas utformning och utveckling, inte bara i Sverige, utan också i länder som har påverkat användandet hos oss. Även utvecklingen av alternativ till skelettjordar beskrivs kortfattat under aktuellt land. Slutligen redogörs för den kritik som har riktats mot skelettjordar.

2.4.1 Holland

I slutet av 1970-talet tillverkades i Amsterdam en jordblandning som var tänkt att fungera som en utökad växtbädd under trottoarer och andra hårdgjorda ytor. Den tillverkades med ett relativt lågt rotmotstånd vilket innebar att den inte kunde användas under vägar, där kravet på bärighet var större än vad blandningen kunde ge. Blandningen fick namnet "Amsterdam Tree Soil" (ATS) (Couenberg 1998). Den kan beskrivas som en sandblandning med 2-4% ler och max 4-5 % organiskt material. Komprimeringsgraden får inte vara högre än 70-80 % för att inte densiteten ska bli för stor för att rötterna ska kunna tränga igenom. (Kristoffersen 1996)

Lite senare utvecklades i Holland ytterligare en skelettjord som bestod av 2/3 lavablock 100-150 mm och 1/3 jord (Rolf 1993).

Alternativ till skelettjord

Dagens forskning i Holland visar på att tekniska konstruktioner under mark som bygger in rotvänlig jord i lådor kan fungera, men de är väldigt kostsamma. Billigare alternativ som företrädesvis kan användas under mindre vägar, är tunnlar av plast- eller betongrör som placeras under marken mellan trädet på ena sidan av vägen och vägrenen på andra sidan. Ett lager grus istället för sand i vägöverbyggnaden kan också vara ett alternativ som ger utrymme till rötterna under mindre vägar. (Kopinga 2006)

2.4.2 Tyskland

I mitten av 1980-talet påbörjades i staden Osnabrück arbetet med att ta fram olika substrat som skulle vara lämpliga för trädplantering i urban miljö. Containerförsök gjordes med plantering av Robinia och vid utvärderingen efter två år hade man fått fram ett framgångsrikt substrat. Det var indelat i ett topp-substrat och ett under-substrat för att efterlikna naturjordens horisonter. Topp-substratet bestod av 30 % lava 8/16 mm, 30 % sand 0/3 mm, 40 % kompost samt tillsatt granulerat lermineral och under-substratets sammansättning var 60 % lava 16/32 mm, 30 % sand 0/3 mm, 10 % Perlite 0/6 mm samt en mängd tillsatser varav garnulerad brunkol och granulerat lermineral förekom i störst mängd. Receptet har använts och används fortfarande med framgång. När nya trädplanteringar skulle anläggas på ett torg som fungerade som marknadsplats, gjordes planteringsgroparna 4x4x1,5 meter stora och mellan dessa gjordes 1 meter breda diken avsedda för rottillväxt. I diken och in i nedersta delen av planteringsgroparna anlades skelettjord med stora lavastenar som skelett och substratet som fyllnad. Närmast rotklumparna användes enbart substrat. Ventilation installerades i rotdikena och över planteringsgroparna placerades självbärande element. Vid en grävning i diken nio år senare, fann man mängder av rötter och tillväxten på träden är fortfarande bra. (Schröder 2006)

Alternativ till skelettjord

I Osnabrück har man också testat andra modeller av rotvänlig vägbyggnad än skelettjord. Försök har gjorts med rotkanaler och rotkammare under fordonstrafikerade vägar. (Schröder 2006)

1999 skulle en grönremsa mellan två vägbanor planteras med träd. Remsan var bara 120 cm bred och för att utöka jordvolymen anlades då rotkanaler som gick ut under vägbanorna åt båda håll från planteringsgroparna. Kanalerna bestod av cementrör fyllda med substrat och för att säkerställa vattentillförsel och luft till rötterna lades ett perforerat PVC-rör över substratet. Rören täcktes sedan med grus och gatorna asfalterades. Den totala jordvolymen blev efter åtgärden 15 m³ per träd. För att kunna följa rotutvecklingen borrades hål i asfalten och små rör med lock installerades. Vid en kontroll 2006 fanns det gott om rötter i betongrören. (Schröder 2006)

På ett annat ställe där situationen var densamma valde man istället att använda sig av rotkammare. De anlades under vägbanornas bärlager och bestod av 2x2x1,3 meter stora kammare på var sida av trädgroparna. Kamrarna var öppna mot planteringen och i botten, medan övriga sidor och "taket" bestod av betongelement. Två dräneringsledningar som leddes upp till ytan i planteringsgropen installerades i varje kammare: en i botten för att säkerställa luftning och en högst upp avsedd för vattentillförsel. Jorden som användes i hela anläggningen var det substrat som tidigare tagits fram. Anläggningen stod färdig 2004 och träden fick också här 15 m³ jordvolym. (Schröder 2006)

2.4.3 Danmark

I Danmark har man använt skelettjord sedan början av 1990-talet, men den kallas där rotvänlig överbyggnad (Kristoffersen & Nilsson 1998). 40 anläggningar med totalt 800 träd som planterats i rotvänlig överbyggnad har kunnat följas. Resultaten i anläggningarna varierade och det visade sig att många platser med dålig etablering hade en felaktig konstruktion med vattenmättnad som följd. (Kristoffersen 1996)

1994-95 genomfördes en studie för att testa olika överbyggnadsmaterial, nämligen granit, lava, tegel, leca och sand med kompost. Som jämförelse hade man matjord, komprimerad alv och komprimerat bärlagergrus. Trädplantor planterades i krukor med olika material utanför det matjordsfyllda planteringshålet och efter två växtsäsonger undersöktes plantorna. Granit, lava och tegel gav lika bra rottillväxt som matjord. Komprimerad alv, leca och sand med kompost gav en sämre tillväxt medan det i det komprimerade bärlagret inte fanns några rötter. Den sämre tillväxten i lecablandningen förklarades med att den bestod av nyproducerade block med hög cementhalt som gav upphov till ett högt pH-värde och att det var detta som bidrog till försämrade förutsättningar. Blandningen med sand och kompost efterliknade Amsterdam Tree Soil, men visade sig bli vattenmättad periodvis trots att den var sammansatt enligt föreskrifterna. Mullhalten tycktes vara en avgörande faktor. Den kan bestämmas på olika sätt, och i Danmark använder man vanligtvis en annan metod än i Holland. Mullhalten hade på grund av detta blivit högre i den danska sand/kompost-blandningen än i den holländska förlagan och det ansågs vara anledningen till den försämrade funktionen i testblandningen (Kristoffersen 1996). Andra danska försök med sand och kompost har gett ett bättre resultat (Kristoffersen & Nilsson 1998).

Enligt Kristoffersen (1996), finns det två principer för rotvänlig överbyggnad. Antingen används ett bärande material (skelett) vars hålrum fylls med jord, eller en sandblandning med lågt ler- och humusinnehåll.

Ett bärande material med jord kan blandas i rätt proportioner före utläggning. Ett problem med detta är att man kan få en ojämn blandning. Jorden kan också skiljas från stenarna vid transport. Om andelen jord är för stor finns det risk för att den komprimeras. Det kan undvikas genom att hålrummen inte fylls helt. Om en 80% fyllning av hålrummen önskas, innebär det en del jord till fem delar sten. (Kristoffersen 1996)

Ett annat blandningsförfarande är våtblandning efter utläggning. Det innebär att stenarna läggs på plats och komprimeras i lager om max 25 cm. Därefter sprids önskad mängd jord ut och vattnas ner. På detta sätt säkerställs kontakten mellan stenarna. Ett problem kan vara att få ner jorden mellan stenarna, speciellt om stenarna är små eller består av skärv. Skärv lägger sig med flatsidan upp och hålrummet blir därmed mindre på ovansidan där jorden vattnas ner (Kristoffersen 1996). Torv kan också lägga sig ovanpå vattnet och täppa till hålrummen (Kristoffersen & Nilsson 1998).

Torrblandning efter utläggning är ytterligare en blandningsmetod. Stenarna, som bör vara torra, läggs på plats och komprimeras i lager om max 25 cm och därefter sprids torr och lätt jord ut och sopas ner i hålrummen (Kristoffersen 1996). Detta är ett billigt alternativ, men det kräver torr väderlek (Kristoffersen & Nilsson 1998).

Sandblandning med humus kan blandas till med jordsikt eller på plats med jordfräs. För att trädrötterna ska klara av att växa i sandblandningen rekommenderas i Amsterdam Tree Soil en komprimeringsgrad på 70-80 %. I den danska varianten hamnar komprimeringsgraden på 80 %. (Kristoffersen 1996)

2.4.4 USA

På Cornelluniversitetet i USA påbörjades 1993 försök med att ta fram en typ av skelettjord. Olika andelar jord och stenmaterial testades för att få fram en jordblandning som hade en hög bärighet samtidigt som tillräckligt utrymme gavs för både jord, luft och vatten. Jorden skulle endast delvis fylla hålrummen mellan stenarna för att säkerställa luftutrymme och plats för rötternas tillväxt. För att undvika separation av jorden vid blandning och utläggning och för att finpartiklarna skulle hållas på plats i blandningen därefter, användes en hydrogel som gjorde att finpartiklarna "limmades" fast vid stenarna. Det fanns en oro att rötterna under sin tillväxt skulle lyfta jordblandningen, men testerna visade att trädrötterna istället deformerades och växte runt stenarna (Grabosky et al. 1998a). Den största stenfraktionen i Cornellblandningen är 3,8 cm och jorden är en lerjord för att kunna hålla fukt och näring (Grabosky et al. 1998b). Trowbridge och Bassuk (2004) menar att jorden bör ha en lerhalt på minst 20 % och ca 5 % mull för att ge en god vatten- och näringshållande förmåga. Cornellblandningen är patenterad och kallas CU-Structural Soil eller CU-Soil (Trowbridge & Bassuk 2004).

2.4.5 Sverige

I slutet av 1980-talet påbörjades ett projekt med namnet "Trädgropar i gatumiljö". Det var ett samarbete mellan Fritid Göteborg och SLU Alnarp som skulle leda fram till nya konstruktioner under mark för trädplantering. Konstruktionerna skulle avlasta jorden så att träden kunde växa bättre. Ett av förslagen i projektet var Leca-gropen som var en variant av skelettjord. (Rolf & Moback 1991)

Projektets deltagare influerades av den forskning som pågick om skelettjordar i Holland. Där använde man vid denna tid ett skelett av lavablock och fördelningen i blandningen var 2/3 lavablock och 1/3 jord. Eftersom lava inte fanns i Sverige, testade man här krossade lecablock i storleken 100-150 mm istället. Man visste att det i Norge användes sprängsten som bärande material, men lecan valdes då den var vatten- och luftgenomsläpplig. Skelettjorden blandades innan den placerades i anläggningen (Rolf 1993). Ett stålrör förhindrade att skelettjorden vid packningen pressades in i planteringsgropen. Efter påfyllnad av planteringsjord i gropen, lyftes stålröret upp och trädet planterades. (Rolf & Moback 1991)

Kristoffersens arbete (1998) har påverkat den fortsatta utformningen av skelettjordarna i Sverige. Dels har blandningsteknikerna blivit fler med nedvattning och nedborstning som alternativ till blandning före utläggning, dels har luftnings- och bevattningslager blivit vanligare. (Pettersson 2006)

I Sverige är skelettjordar med stora fraktioner bärande material dominerande. Förmodligen beror detta på svårigheten att lyckas med den exakta blandning som sandmixar som Amsterdam Tree Soil kräver, och på de problem med jordseparation som mindre fraktioner, liknande CU-Soil, innebär. (Pettersson 2006)

Stockholm

När Stockholm började använda skelettjordar i mitten av 1990-talet, följde man rekommendationerna i de artiklar som beskrev Leca-gropen. De Leca-block som användes krossades på arbetsplatsen, men kunskapen om hur jorden skulle hanteras var liten. (Pettersson 2006)

I den tekniska handboken från 2000, är skelettjorden fortfarande färdigblandad och består av lättklinkerblock 65-120 mm samt jord med lerhalt 10-15 % och mullhalt 3-5 % (Stockholm Stad 2000). Idag finns en handbok för Stockholms stadsträds växtbäddar där rekommendationen för skelettet är makadam 100-150 mm. Nedvattnings av jorden förordas och för att det ska lyckas får lerhalten inte överstiga 8 %. Dagvattnet ses som en resurs som kan ledas ner i växtbädden om förutsättningarna på platsen tillåter det. Om det används vägsalt invid växtbädden och dagvattnet leds ner i den bör salt- och torktåliga växter väljas. I dagens skelettjordar placeras en luftbrunn som ska säkerställa lufttillgången och det är också i den brunnen som dagvattnet leds ner. (Trafikkontoret Stockholm Stad 2006)

Enligt Embrén² är handboken ett resultat av den utveckling av skelettjordarna som har skett i Stockholm. Man har inte sett några negativa effekter av att dagvattnet leds ner även på ställen där vägsalt används. Embrén tror att det beror på att andelen salt är väldigt liten i de blandningar för halkbekämpning som används, och att den saltmängd som finns till stor del hinner utlakas ur skelettjorden innan rottillväxten sätter igång på våren.

En skelettjord på 15 m³ med ett luftigt bärlager och luftbrunn samt 3 m³ planteringsjord närmast trädets kostar idag i en nyanläggning ca 70 000 kr (strax över 80 000 kr om det finns befintliga plattor och asfalt som måste rivas upp). En traditionell trädplantering med samma träd kostar strax över 50 000 kr, men då finns bara 3 m³ jord till trädets förfogande.³

2.4.6 Kritik mot skelettjordar

I takt med att skelettjordarna har blivit allt vanligare, har också kritik mot dem vuxit fram. Den oro som framförts har varit att hålrummen med jord är för små för att stora rötter ska kunna växa in i dem, eller att rötterna kan lyfta skelettjorden när de växer till sig i omfång. Kostnaden har av vissa ansetts hög och det har varnats för att skelettjordar används för att kunna göra planteringsgroparna små även om utrymme finns för större gropar. Frågan om vad som händer när näringen i jorden tar slut har också lyfts fram. På grund av att anläggningarna med skelettjord inte funnits så länge, sett ur perspektivet av ett trädets förväntade livslängd, är det för tidigt att svara på alla frågorna, men kritiken har inte få stå oemotsagd. Förespråkarna menar att det finns lösningar på de flesta problem och att det största problemet är felaktiga anläggningar. (Sorvig 2001)

² Björn Embrén, trädansvarig, Trafikkontoret Stockholms Stad, personligt meddelande 2006-11-08.

³ Björn Embrén, trädansvarig, Trafikkontoret Stockholms Stad, personligt meddelande 2006-11-08.

3 MATERIAL OCH METODER

I fallstudien undersöktes tre skelettjordsanläggningar i Stockholm. Detta skedde genom grävning med en liten grävskopa i skelettjorden vid totalt 11 träd.

Datainsamlingen i Stockholm har ägt rum vid två tillfällen: 2006-05-17—2006-05-18 samt 2006-11-06—2006-11-08. Vid andra tillfället gjorde jag utöver grävningarna ett besök hos Björn Embrén på Trafikkontoret där muntlig information införskaffades samt ett studiebesök på Hasselfors Arlanda för att se hur tillverkningen av olika jordar fungerar.

Som stöd vid datainsamlingen i fält hade jag upprättat ett formulär med plats för de uppgifter som skulle registreras (se bilaga).

3.1 *Urval av träd*

Valet av vilka träd som skulle ingå i studien var redan gjort vid arbetets början. Det hade gjorts av f.d. forskningstraineen Josefine Pettersson i samråd med trädansvarig i Stockholm, Björn Embrén. Utgångspunkten för urvalet var att träden skulle vara representativa för anläggningarna ur vitalitetssynpunkt, men hänsyn togs också till att det skulle vara möjligt att gräva på platsen med en minigrävare.

3.2 *Val av plats för grävning*

Provgropar grävdes i skelettjorden vid träd med både dålig och bra tillväxt. Av resurs-skal grävdes det bara vid en sida av träden. Den sida av trädet som grävning skulle ske på valdes på plats. Tillgänglighet för grävskopan var en viktig faktor vid valet, liksom att det skulle vara så få hinder i marken som möjligt. Hänsyn togs också till omgivande verksamhet så att grävningen skulle störa så lite som möjligt.

3.3 *Mätning av antal rötter*

Rötterna mättes enligt en dikesprofilmetod som är en form av profilväggsmetod. Dikesprofilmetoden innebär att ett dike grävs, profilväggen avjämnas och ett nät med rutor, vanligtvis med storleken 10x10 eller 20x20 cm placeras över väggen. Nätet kan antingen vara fast placerat i en ram, eller skapas på plats med hjälp av spik som trycks in i profilväggen och snöre som viras runt spikarna. Antalet fin- och grovrötter mäts per ruta och resultatet kan sedan åskådliggöras på papper. (Böhm 1979)

I fallstudien använde jag mig av spik och snöre och rutornas storlek bestämdes utefter profilväggens förutsättningar. Som finrötter räknades rötter < 2 mm och rötter > 2 mm benämndes grovrötter. Bland grovrötterna urskiljdes och noterades dessutom rötter > 10 mm. Mätresultatet fördes in på plats i formuläret jag hade skapat för fallstudiens datainsamling. Riktigt grova rötter gjorde jag en separat anteckning om. Metoden fick modifieras på vissa platser där den inte fungerade tillfredsställande. Det finns beskrivet i fallstudien under respektive anläggning.

3.4 Bedömning av skelettjord/överbyggnad

En okulär besiktning av skelettjorden gjordes där en uppskattning av det bärande materialets dimensioner ingick. Jag kände också på jorden för att få en uppfattning om fuktighet och andel ler och mull. Hinder i skelettjorden noterades också. Hela överbyggnaden med skelettjord, bärlager och övriga lager skissades ner som komplement till anteckningarna. Skelettjordens uppbyggnad jämfördes senare med befintliga handlingar.

3.5 Jordprov

I de gropar där skelettjorden hade två tydliga horisonter togs ett jordprov från varje lager och på de platser där planteringslådans sida kunde avlägsnas togs ett jordprov från planteringsjorden och ett från skelettjorden. I övrigt togs endast ett jordprov per grop. Jordproverna togs genom att jag försiktigt, med hjälp av kniv, skrapade fram ca 1-2 dl jord från den plats i skelettjorden där jag bedömde att det växte mest rötter. Synliga rötter och stenar plockades bort. Jag antog att jordprovet på detta sätt skulle avspeglats platsens bästa växtbetingelser. Jordproverna skickades till AnalyCen i Kristianstad för analys av pH, lerhalt, mullhalt, textur och näringsinnehåll. Näringen analyserades enligt AL-metoden. Resultatet av jordanalyserna jämfördes med riktlinjer i handlingarna.

3.6 Analys

Fallstudiens olika delar sammanställdes och jämfördes med de handlingar som fanns. Resultatet jämfördes också med de vitalitetsbedömningar som Josefine Pettersson i sin rapport (2006) hade gjort på samma träd. För varje anläggning gjordes utifrån resultatet ett åtgärdsförslag.

4 FALLSTUDIE I STOCKHOLM

Eftersom skelettjord var relativt nytt i Sverige när Stockholm Stad började använda sig av det i mitten av 1990-talet, var kunskapen inte så stor. Användandet av skelettjord har fortsatt och Björn Embrén som är trädansvarig i Stockholm Stad, har utvecklat skelettjorden så att den bättre ska passa trädens behov. Idag har Stockholm Stad en arborist som fungerar som en underbyggledare ute på anläggningsplatserna. Underbyggledarens funktion är att dokumentera arbetet med både foto och text och på så sätt säkerställa ett korrekt utförande⁴. De träd som Josefine Pettersson (2006) vitalitetsbedömde stod i skelettjordsanläggningar från en tid då dokumentation saknades.

Pettersson delade in träden i sina undersökningar i klasser där både vitalitet och tillväxt av krona och stam togs i beaktande. Klasserna var A, a, B, b, C, där A var bäst och C sämst (tabell 1). Undersökningarna gjordes på sex anläggningar i Stockholms innerstad och av dessa har tre valts ut för vidare studie av rötternas utveckling i skelettjorden.

Tabell 1. Bedömningskriterier för klassificering av träd (J. Pettersson, 2006)

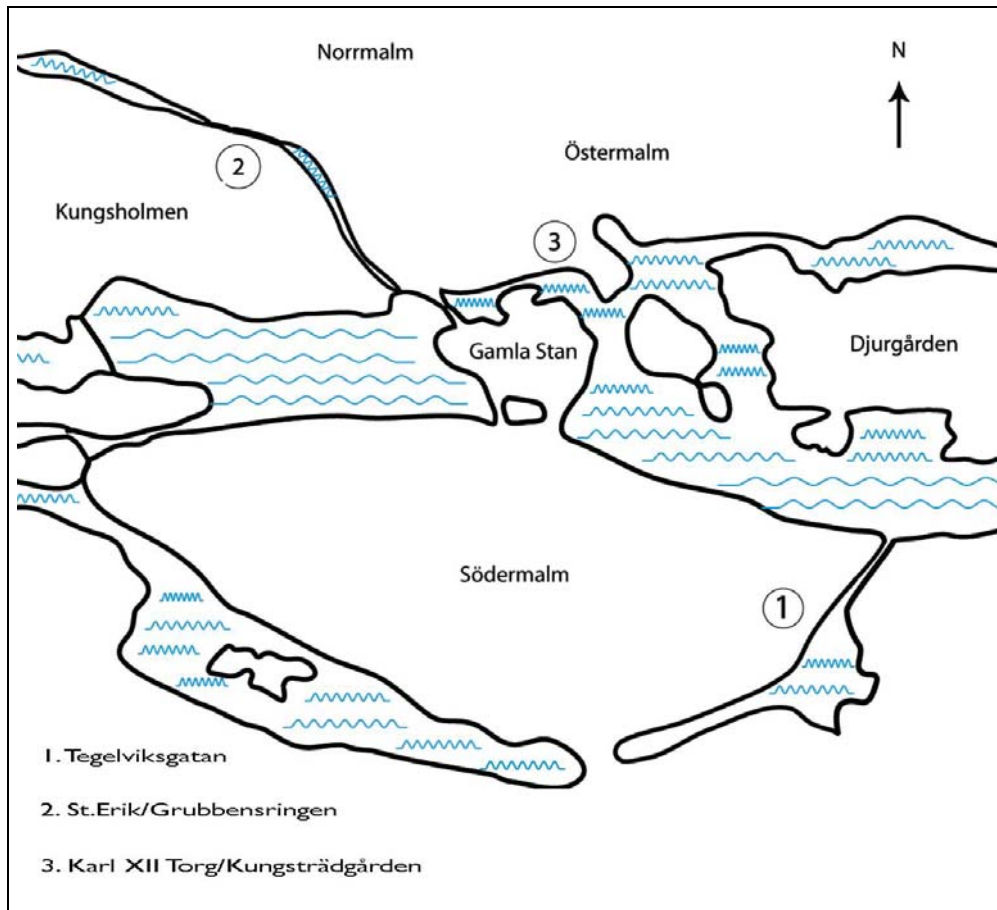
	A	a	B	b	C
Krona	100-66 % av kronan i fullgott skick		65-33 % av kronan i fullgott skick		32-0 % av kronan i fullgott skick
Stam	Fri från skador/angrepp		Lätta skador/angrepp		Svåra skador/angrepp
Totalt	Helhetsbedömning ger klass A	Nästan klass B, men överväger ändå till klass A	Helhetsbedömning ger klass B	Nästan klass C, men överväger ändå till klass B	Helhetsbedömning ger klass C

De tre anläggningar jag har undersökt är Tegelviksgatan, St: Eriksområdet/Grubbensringen samt Kungsträdgården etapp ett (figur 1).

Anläggningarna längs Tegelviksgatan anlades i etapper mellan 1997 och 2002, St: Eriksområdets skelettjordar anlades 1998/1999 och Kungsträdgården etapp ett är från 1997. I samtliga tre anläggningar har färdigblandad skelettjord använts.

Tegelviksgatan och St: Eriksområdet/ytte Grubbensringen undersöktes 2006-05-17—18 och Kungsträdgården och St: Eriksområdet/inre Grubbensringen undersöktes 2006-11-07—08.

⁴ Björn Embrén, trädansvarig, Trafikkontoret Stockholms Stad, personligt meddelande 2006-11-08.



Figur 1. Lägeskarta över de undersökta anläggningarna.

4.1 Trädarter i anläggningarna

De träd som finns representerade i undersökningen är *Tilia cordata* 'Rancho' och *Prunus avium* 'Plena'. Nedan följer en kort beskrivning av dessa.

4.1.1 *Prunus*

Prunus avium, fågelbär, kan bli 20 meter högt. Det anses lättetablerat och det kan utvecklas väl i olika jordar så länge de inte är kompakterade. Bäst trivs det i alkaliska jordar med god näringstillgång. Kan drabbas av bakteriesjukdomen gummiflöde (Bengtsson 1998). Fågelbär och sorter av detta är måttligt salttåliga (Randrup & Pedersen 1996).

Prunus avium 'Plena', fylldblommigt fågelbär, kan vid goda förhållanden bli 10-12 meter högt och 12-15 meter brett. Sorten är steril och får alltså inga bär. Kan liksom det vanliga fågelbäret drabbas av gummiflöde (Bengtsson 1998).

4.1.2 *Tilia*

Tilia cordata, lind, kan nå 20-25 meter i höjd och växtsättet varierar mycket mellan frösådda exemplar. Enligt Ehlers (1986) trivs linden i sura till neutrala jordar (upp till pH 7,4), men Trowbridge och Bassuk (2004) menar att trädet tål starkt alkaliska jordar.

Lindar och dess sorter uppfattas ofta som måttligt salttåliga, men de gränsar till att vara känsliga (Randrup & Pedersen 1996).

Tilia cordata 'Rancho' är en lindsort med konformig krona som kan bli 10-12 meter hög och 5-6 meter bred. Är befriade från honungsdagg då bladlusangrepp som orsakar detta är ovanliga (Bengtsson 1998).

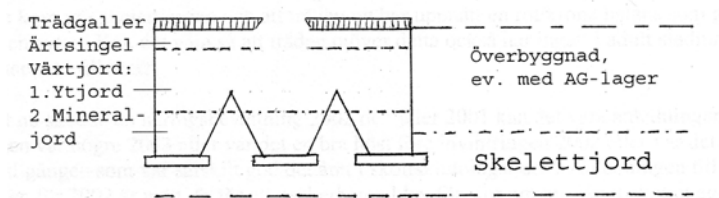
4.2 Tegelviksgatan

Tegelviksgatan ligger i östra delen av Södermalm. Bebyggelsen längs med gatan består mestadels av flervåningshus med bostäder och företag. Gatan är enfilig och trafikeras av både bil och buss.

Skelettjordsanläggningarna längs Tegelviksgatan är utförda i flera etapper, av olika entreprenörer. Gatan har en syd-nordlig riktning och anläggningarna startade 1997 i den södra delen. Denna första etapp utfördes av Stockholms Entreprenad. Nästa etapp utfördes 1998 av Miljöbyggarna. Den tredje etappen utfördes 2000 av Stockholms Entreprenad. De tre första etapperna ska enligt handlingarna alla ha skelett av leca. 2001 anlade Peab etapp fyra i gatans nordligaste del med bergkross i skelettet. I den del av gatan som omfattas av andra etappen (1998), har JM Bygg utfört arbeten på området och färdigställt anläggningen för fem av träden år 2002.

De handlingar som finns tillgängliga avseende Tegelviksgatan ger en något otydlig bild av hur skelettjordsanläggningarna har utförts, men utifrån mängdbeskrivningar och muntliga källor i Josefine Petterssons rapport, verkar det som om samtliga etapper har fler likheter än skillnader

(figur 2). Skelettjorden ska enligt anvisningarna bestå av 1/3 finkornigt material med en lerhalt på 10-15 viktsprocent och en mullhalt på 3-5 viktsprocent, samt 2/3 skelettmaterial i form av krossade lecablock, 65-120 mm. Etappen 2001 skiljer sig här genom att ha bergkross som skelettmaterial.



Figur 2. Principskiss på hur överbyggnaden kan se ut i anläggningarna längs Tegelviksgatan. (Pettersson 2006)

Skelettjorden ska enligt handlingarna blandas väl innan påförandet som sker i lager om 200-250 mm med komprimering och vattning mellan varje lager. Varje lager kompletteringsfylls med jord. På grund av risken för fraktionering av materialet får skelettjorden inte tippas från hög höjd.

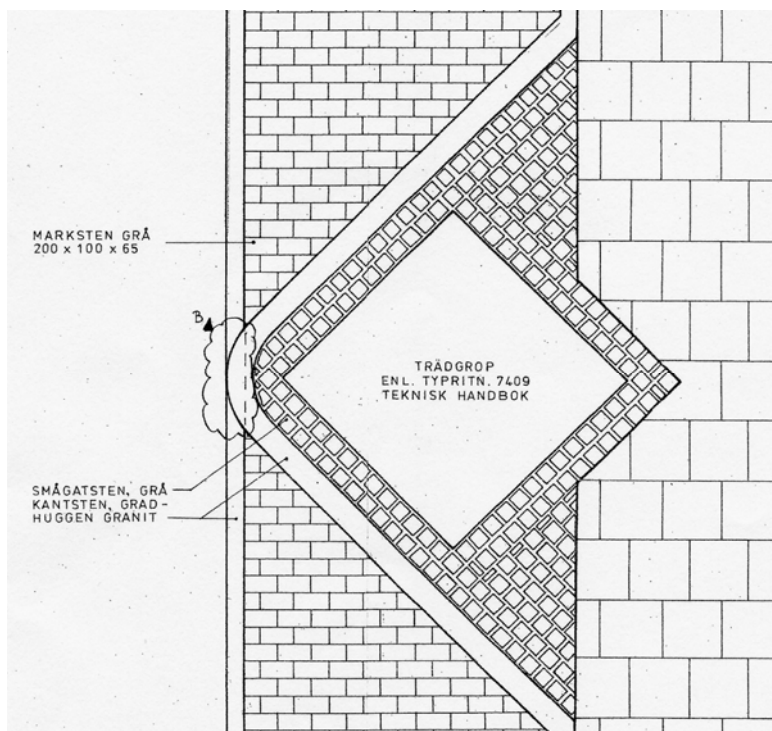
I trädgroparna ska tillfällig droppbevattning ha installerats och vattning ska ha skett vid behov under garantitiden. Vår- och sommargödsling ska också ha utförts under denna tid.

Den finkorniga jord som föreskrivs har också markkemiska riktvärden enligt AL-analys. Dessa finns angivna i tabell 7 under rubriken "Jämförelse med handlingar".

De planterade träden är samtliga av sorten *Tilia cordata* 'Rancho'.

Planteringslådan av betong är 1,4x1,4 m. Skelettjordens bredd är 2,8 meter och den löper mellan träden, även under parkeringsytan i gatan. Kantstödet mellan trottoar och parkeringsyta utgör här ett hinder eftersom det bryter av den sammanhängande skelettjorden (figur 3).

Vitalitetsbedömningarna 2005 (Pettersson 2006) visade att träden som planterades 1998, 2000 och 2001 hade ett tillväxtmönster från låg till hög tillväxt under de tre senaste åren. Träden som planterades 1997 hade stagnerat och fått en nedgång i tillväxten.



Figur 3. Trädgröp i plan och dess förhållande till angränsande parkeringsyta och trottoar (ritning 268 244, detalj 9).

Av de träd som vitalitetsbedömdes, valdes ett träd i varje etapp av anläggningen ut för undersökning av skelettjorden. De träd som valdes ut var:

Träd nr 4, anläggning från 1997, vitalitetsklass A

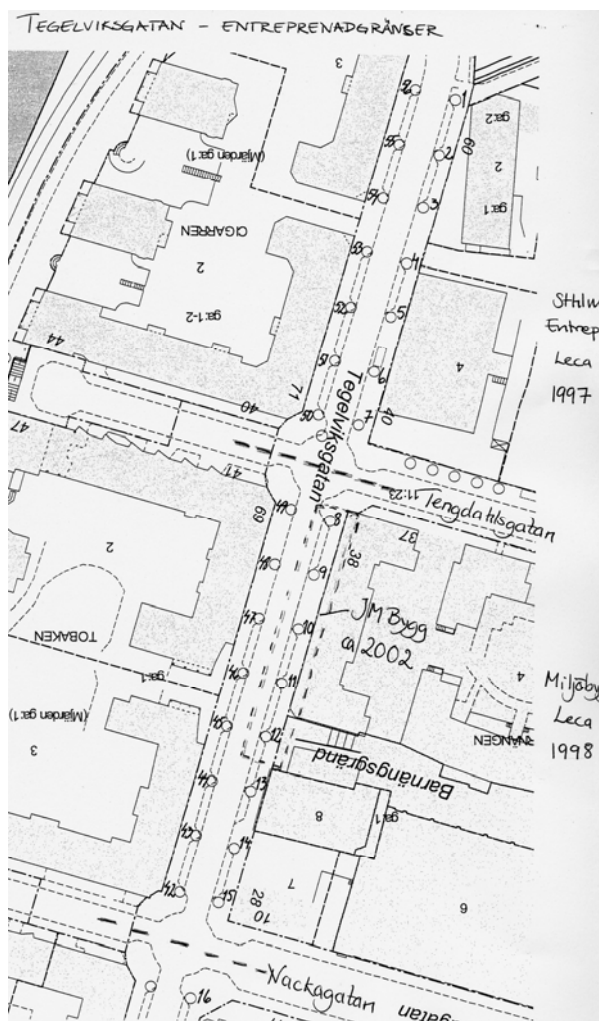
Träd nr 46, anläggning från 1998, vitalitetsklass A

Träd nr 19, anläggning från 2000, vitalitetsklass A – fick uteslutas från undersökningen, se nedan.

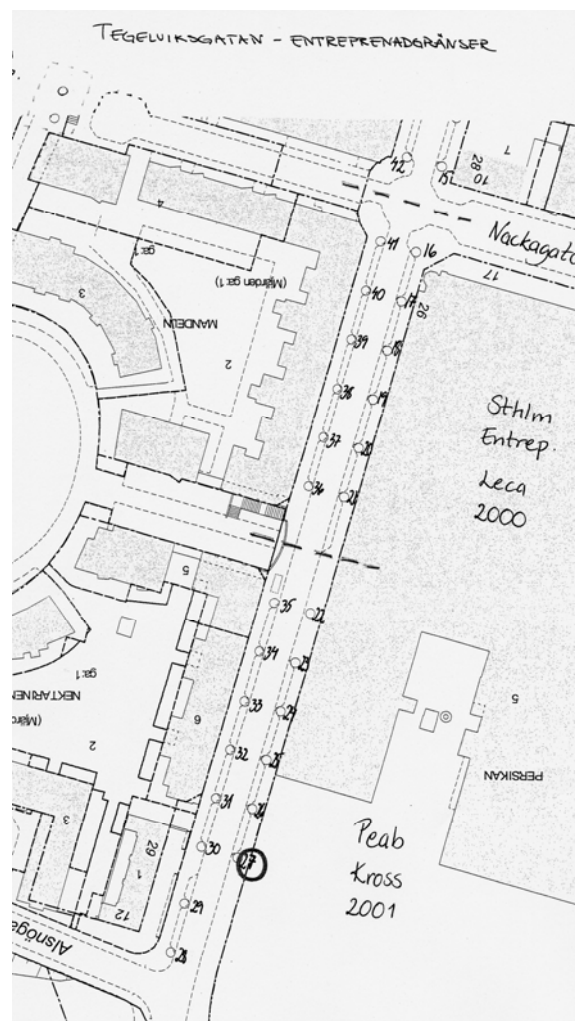
Träd nr 34, anläggning från 2001, vitalitetsklass A

Träd nr 10, återställning 2002 – ersattes på plats med träd nr 8, ej vitalitetsbedömt, se nedan.

Trädnumreringen följer Petterssons (2006) numrering (figur 4a-b).



Figur 4a. Trädnumrering och entreprenadgränser, Tegelviksgatan (J. Pettersson, 2006).



Figur 4b. Forts. trädnumrering och entreprenadgränser, Tegelviksgatan (J. Pettersson, 2006).

Vid grävning av provgropen vid träd nr 19, påträffades en oskyddad äldre elkabel. Det gick inte att på den tid jag var på plats i Stockholm, få besked på om den fortfarande var strömförande. Detta innebär att det inte gick att gå ner och undersöka anläggningen här, men jag kunde konstatera att skelettet bestod av leca. På grund av att ingen kontroll av rötterna kunde göras i gropen, fick trädet uteslutas från vidare undersökning.

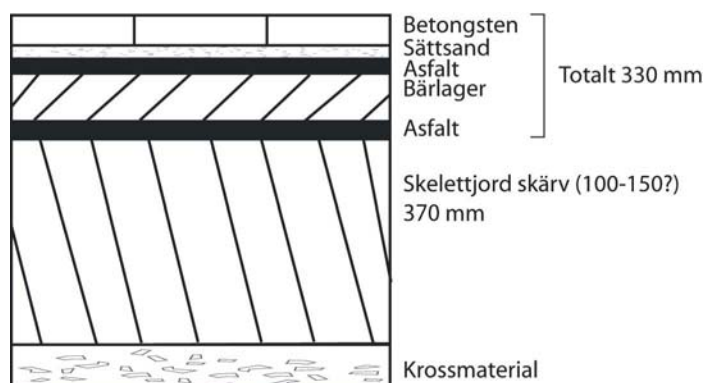
Vid träd nr 10 visade det sig att provisoriska elcentraler var uppställda vilket omöjliggjorde grävning vid detta träd. Träd nr 8 valdes ut som ersättningsträd. Valet var inte slumpmässigt utan gjordes med hänsyn till var det var lämpligast att gräva. Träd nr 10 var det enda i den återställda anläggningen från 2002 där en vitalitetsbedömning hade gjorts, så jämförelser med vitaliteten kunde därför inte göras vid träd nr 8.

Provgroparna vid träden grävdes in mot trottoaren längs den sida av betonglådan som var mest lättillgänglig för grävskopan.

4.2.1 Resultat Tegelviksgatan

Träd 4

Från markytan och nedåt såg överbyggnaden ut som följer: Betongsten, sättsand, asfalt, bärlager, asfalt, skelettjord med skelett av skärv och därunder krossmaterial (figur 5).



Figur 5. Överbyggnad vid träd 4.

Skelettjorden började på 33 cm djup från markytan och gick ner till 70 cm djup, det vill säga en lagertjocklek på 37 cm. Det var svårt att bedöma andelen skelett i förhållande till andelen jord.

Utöver skärv fanns även andra, mindre, fraktioner av krossmaterial som upptog stor del av det utrymme som skulle kunna ha fyllts upp med jord. Det kändes osäkert om de mindre krossfraktionerna skulle räknas som skelettmaterial då de inte fyllde en skelett-funktion. Skelettjorden påminde, på grund av de många fraktionerna, mer om en morän. Inslaget av lera i jorden bestod av homogena lerklumpar.

Rutnätet sattes upp på profilväggen strax utanför betonglådan som omgav planteringsgropen, ca 80 cm från trädstammen. Rutorna var 15x15 cm, bredden på rutnätet var 90 cm och täckte hela skelettjordens lagertjocklek (figur 6).



Figur 6. Rutnät vid träd 4, Tegelviksgatan

Rötterna hade funnit sin väg ut i skelettjorden via slitsarna i betonglådan och de nådde över till andra sidan provgropen. Flest rötter fanns på djupet 40-50 cm (tabell 2). Några enstaka rötter fanns i bärlagret.

Ingen tydlig jordpackning kunde noteras. Jordprovet visade ett pH på 8,3, mullhalt 2,2% och lerhalt 19%.

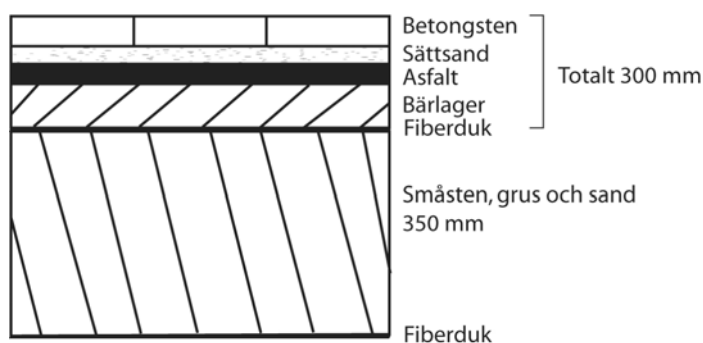
Tabell 2. Antal rötter vid träd 4

Djup från markytan (cm)	Antal rötter < 2 mm	Antal rötter 2-10 mm	Antal rötter >10 mm	Totalt antal rötter
33-48	83	10	3	96
48-63	37	1	---	38
63-70	14	4	---	18

Träd 46

Den synliga överbyggnaden i gropen bestod från markytan och nedåt av följande: Betongsten, sättsand, asfalt, bärlager, fiberduk, "skelettjord" och fiberduk (figur 7).

"Skelettjorden" började på 30 cm djup och gick ner till 65 cm djup, vilket innebar en lagertjocklek på 35 cm. "Skelettjorden" bestod av småsten, grus och sand samt, på sina ställen, lite granulerad lera. Största fraktion tycktes vara ca 30 mm.



Figur 7. Överbyggnad vid träd nr 46.

Sammansättningen gjorde att jorden rasade ner i gropen när den grävdes och betonglådan frilades. Det var därför omöjligt att sätta upp ett rutnät på denna sida gropen. Okulär undersökning av profilen vid betonglådan visade att rötter hade trängt ut genom slitsarna och vuxit ut i "skelettjorden" och över till profilen tvärs över gropen, 80 cm från betonglådan (figur 8). Finrötter hade även trängt ut genom springor i betonglådans kanter. Man kunde finna en del rötter i bärlagret ovanför skelettjorden.



Figur 8. Slits i betonglådan vid träd nr 46

Rutnät som täckte skelettjordens lagertjocklek sattes upp på profilen motstående betonglådan. Avståndet till trädstammen var här ca 145 cm. Rutorna var 15x15 cm och bredden på rutnätet var 90 cm. Flest rötter fanns på 45-60 cm djup från markytan (tabell 3).

Jordprovet visade pH 6,9, mullhalt 0,55% och lerhalt 4%.

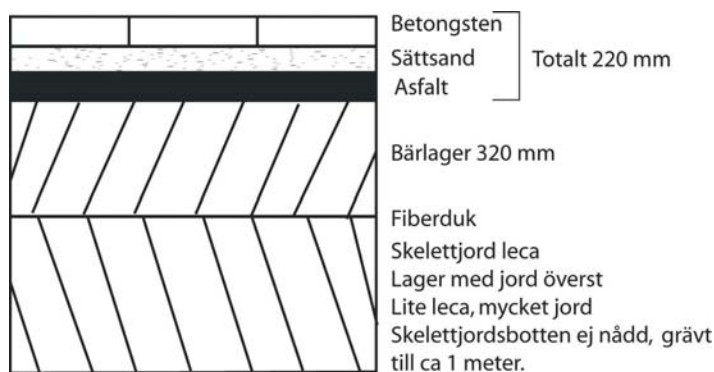
Tabell 3. Antal rötter vid träd nr 46

Djup från markytan (cm)	Antal rötter < 2 mm	Antal rötter 2-10 mm	Antal rötter >10 mm	Totalt antal rötter
30-45	54	2	---	56
45-60	64	3	---	67
60-65	18	1	3	22

Träd 34

Överbygganden i denna anläggning, från markytan och nedåt, bestod av följande: Betongsten, sättsand, asfalt, bärlager, fiberduk, skelettjord (figur 9).

Skelettjorden började på ca 54 cm djup. Gropen grävdes till ca en meters djup och botten bestod då fortfarande av skelettjord. Lagertjockleken är således okänd. Skelettjorden var uppbyggd av mycket jord och lite leca. Lecakrossdelarna hade inte kontakt med varandra, utan fanns här och var i jorden. Övre delen av skelettjorden bestod av ett lager lerig jord utan större fraktioner.



Figur 9. Överbyggnad vid träd nr 34.

Rötterna verkade komma ut samlat under betonglådan för att växa ut i de översta 20 cm i skelettjorden. Betonglådan frilades vid grävningen på grund av nedrasande jord, så rutnätet sattes upp på profilen tvärs över gropen, motstående betonglådan (figur 10). Det innebär att avståndet från rutnätet till trädstammen blev 135 cm. Rutorna var 15x15 cm, bredden på rutnätet var 90 cm och det täckte skelettjorden ner till gropens botten.



Figur 10. Profilvägg träd nr 34, Tegelviksgatan

Flest rötter fanns i rutnätets övre rad, dvs på 54-69 cm djup. Inga rötter fanns under 84 cm djup (tabell 4). Det fanns endast en rot som var grövre än 10 mm i rutnätet, men vid betonglådan fanns något fler.

Tabell 4. Antal rötter vid träd nr 34

Djup från markytan (cm)	Antal rötter < 2 mm	Antal rötter 2-10 mm	Antal rötter >10 mm	Totalt antal rötter
54-69	58	11	1	70
69-84	56	8	---	64
84-97	---	---	---	---

Vid betonglådan såg man också att en del rötter hade vuxit ut genom slitsarna i bärlagret ovanför skelettjorden (figur 11). De hade dock inte nått profilväggen på andra sidan gropen.

Jordprov från skelettjorden visade pH 8,2, mullhalt 3,5% och lerhalt 9%.



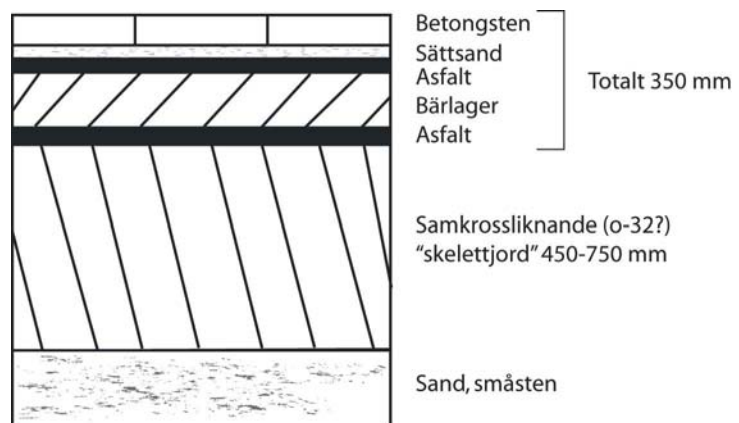
Figur 11. Rötter vid betonglådan, träd nr 34, Tegelviksgatan

Träd 8

Överbyggnaden från markytan och nedåt bestod av följande: Betongsten, sättsand, asfalt, bärlager, asfalt, samkross med inblandning av lera, sand med småsten (figur 12).

Samkrosslagret får antas vara det som skulle ha varit skelettjord. Fraktionen i lagret var 0-32 eller eventuellt något större.

Lagret började på 35 cm djup och slutade på 80-110 cm djup. Lagertjockleken varierade alltså mellan 45 och 75 cm. Därunder fanns det bara sand och småsten.



Figur 12. Överbyggnad vid träd nr 8.

Rutnätet sattes upp på profilen närmast trädet, ca 20 cm utanför betonglådan, det vill säga 80 cm från trädet. Rutorna var 15x15 cm, rutnätet hade en total bredd på 90 cm och gick ner till 100 cm djup (figur 13).

Flest rötter fanns på djupet 55-70 cm, framför slitsarna i betonglådan (figur 14), medan endast ett fåtal rötter fanns på djupet 85-100 cm. Inga rötter grövre än 10 mm hittades och inga rötter fanns på profilväggen tvärs över gropen (tabell 5).

I bärlagret, på ca 25 cm djup, växte rötter ut genom betonglådans slitsar.

Jordprovet visade pH 8,4, mullhalt 1,1% och lerhalt 10%.



Figur 13. Rutnät vid träd nr 8



Figur 14. Rötter i samkross, träd nr 8

Tabell 5. Antal rötter vid träd nr 8

Djup från markytan (cm)	Antal rötter < 2 mm	Antal rötter 2-10 mm	Antal rötter >10 mm	Totalt antal rötter
40-55	34	2	---	36
55-70	72	9	---	81
70-85	41	1	---	42
85-100	6	1	---	7

Jämförelse med handlingar

Ingen av de fyra provgroparna hade en skelettjord som var anlagd enligt handlingarna (tabell 6). I de fall ett skelettmaterial fanns, stämde det med handlingarna endast i gropan vid träd nr 19, som var det träd som uteslöts från undersökningen på grund av en frilagd elkabel.

Det var inte bara materialet som inte stämde överens med handlingarna, utan även andelen skelett respektive jord. I de gropar där det fanns material i anläggningen som antydde att det var tänkt att fungera som skelett, var andelen finmaterial antingen för stort i förhållande till skelettet, eller svår att avgöra på grund av att sammansättningen liknade en morän.

Endast en provgrop hade en mullhalt i jorden som stämmer med riktvärdet på 3-5 viktsprocent. Övriga låg lägre. Eftersom mullhalten sjunker med tiden är provresultaten inte överraskande. Nedbrytningshastigheten beror på hur mycket biologisk aktivitet det är i jorden och den biologiska aktiviteten är högre i en fuktig miljö än i en torr. Det är omöjligt att säga hur hög mullhalten har varit från början i de aktuella anläggningarna men med tanke på att miljön är relativt torr kan det vara så att den på vissa ställen varit för låg redan vid anläggandet. Vid träd nr 46 var mullhalten i jordprovet så låg som 0,55 viktsprocent vilket kan tolkas som en nedsmutsning av finmaterialet snarare än en medvetet tillförd mull. Lerhalten i provgroparnas jord låg antingen över eller under riktvärdesintervallet utom vid träd nr 8 där lerhalten på 10 viktsprocent tangerade den nedre gränsen för vad som föreskrevs.

Lerhalten i jordproverna kan ifrågasättas eftersom leret i samtliga gropar fanns i granulerad form eller i större klumpar. Detta gjorde att leret var ojämnt fördelat i jorden och

då endast ett jordprov togs per grop, behöver lerhalten som uppmättes inte vara typisk för jorden som helhet.

Tabell 6. Markfysikaliska egenskaper Tegelviksgatan, en jämförelse mellan handlingar och provgropar.

	Vitalitetsklass	Anläggningsår	Skelett enl. handlingar	Skelett enl. undersökning	Multhalt riktvärde	Multhalt jordprov	Lerhalt riktvärde	Lerhalt jordprov
Träd nr 4	A	1997	Leca 65-120 mm	Skärv	3-5 %	2,2 %	10-15 %	19 %
Träd nr 46	A	1998	Leca 65-120 mm	Småsten, grus, sand – max 30 mm	3-5 %	0,55 %	10-15 %	4 %
Träd nr 19	A	2000	Leca 65-120 mm	Leca	3-5 %	---	10-15 %	---
Träd nr 34	A	2001	Bergkross	Liten andel leca	3-5 %	3,5 %	10-15 %	9 %
Träd nr 8	---	2002	Leca 65-120 mm	Samkross-liknande	3-5 %	1,1 %	10-15 %	10 %

De markkemiska egenskaperna redovisas i tabell 7. Endast jordprovet vid träd 46 hade ett pH som höll sig inom riktvärdet 6-7, men samtidigt var det detta jordprov som uppvisade störst avvikelse från handlingarna avseende näringsinnehåll. Övriga provgropar hade samtliga ett pH på över 8, men låg nära eller inom riktvärdena för många av de övriga markkemiska egenskaperna.

Tabell 7. Markkemiska egenskaper Tegelviksgatan, en jämförelse mellan handlingar och jordprover.

	pH riktvärde	pH jordprov	Ledningstal riktvärde	Ledningstal jordprov	Fosfor P-AL riktvärde Mg/100g lufttorkat	Fosfor P-AL jordprov Mg/100g lufttorkat	Kalium K-AL riktvärde Mg/100g lufttorkat	Kalium K-AL jordprov Mg/100g lufttorkat	Magnesium Mg-AL riktvärde Mg/100g lufttorkat	Magnesium Mg-AL jordprov Mg/100g lufttorkat	K/Mg kvot riktvärde	K/Mg kvot jordprov
Träd nr 4	6-7	8,3	1,5-3,0	1,1	4-8	3,4	8-16	12	Ca 8	6,9	1-2	1,7
Träd nr 46	6-7	6,9	1,5-3,0	1,1	4-8	<1,0	8-16	14	Ca 8	4,3	1-2	3,3
Träd nr 34	6-7	8,2	1,5-3,0	2,6	4-8	3,4	8-16	12	Ca 8	10	1-2	1,2
Träd nr 8	6-7	8,4	1,5-3,0	2,4	4-8	5,8	8-16	14	Ca 8	11	1-2	1,3

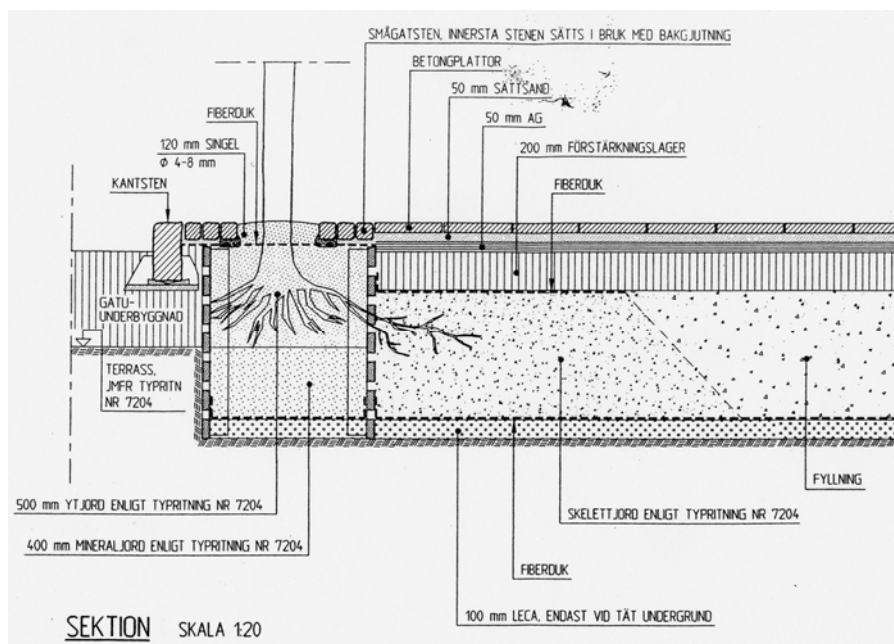
4.3 St: Eriksområdet / Grubbensringen

På Kungsholmen i centrala Stockholm ligger Grubbensringen. Det är en enkelriktad gata som leder runt ett område med bostadsrätter. I anslutning till Grubbensringen ligger också St: Eriks sjukhus. Skelettjordsanläggningarna på platsen löper längs båda sidor av gatan och bildar på så sätt en yttre och en inre ring. I den yttre ringen är lindar planterade och i den inre ringen har körsbärsträd planterats. Träden planterades vintern 1998-99.

4.3.1 Yttre Grubbensringen

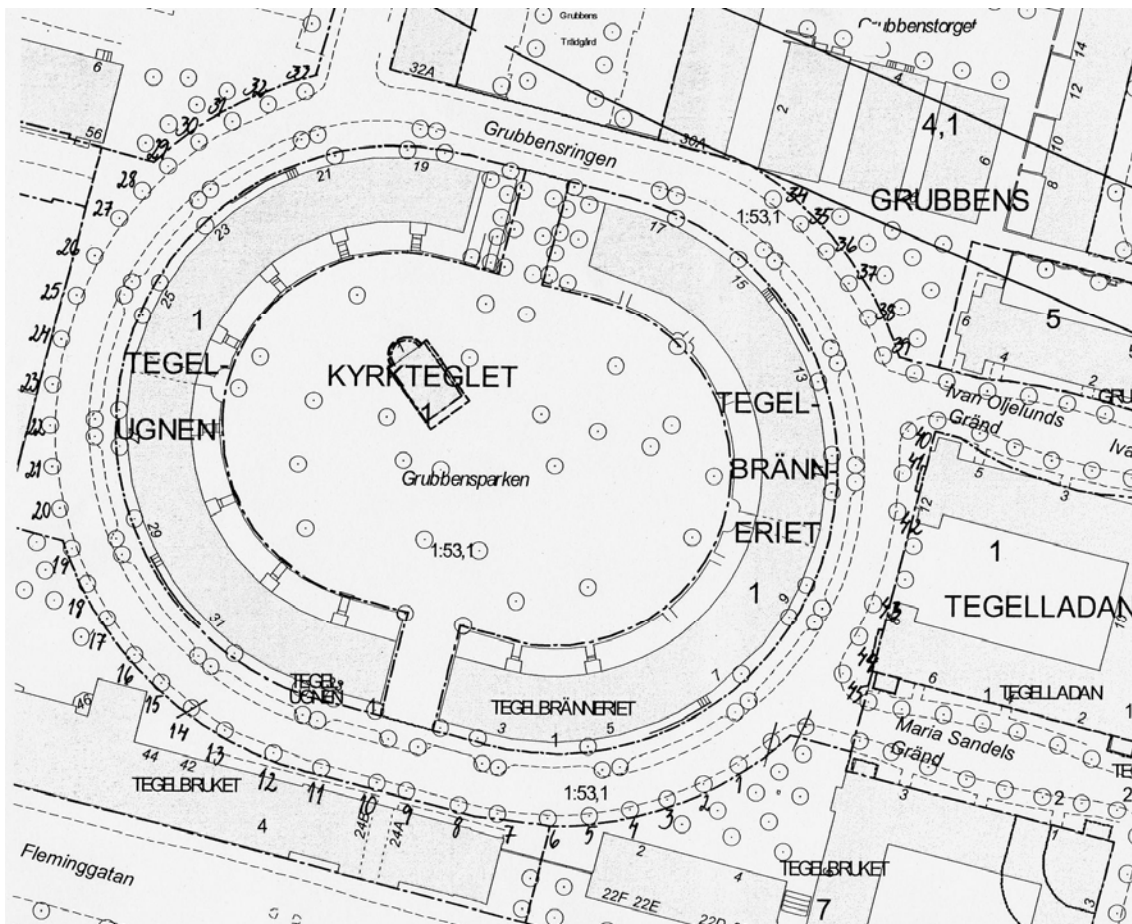
Lindarna som står här är *Tilia cordata* 'Rancho'. Vid vitalitetsbedömningen hösten 2005 (Pettersson 2006) konstaterades att träden uppvisade en blandad tillväxt och vitalitet, men att samtliga lindar var förhållandevis små och att fåtalet träd hade en godtagbar tillväxt. I rapporten lyfts olika tänkbara orsaker fram; träden kan vara nedtryckta i lådorna vid planteringen, trälådornas springor kan ha varit för små och täppts igen helt när träet svällt upp, skelettjorden kan vara felaktigt anlagd, träden kan vara för djupt planterade.

Enligt handlingarna har planteringslådorna av trä måtten 900x900x1000 mm och springorna i trälådorna ska vara 50 mm. Träden är planterade i trottoarytans ytterkant mot gatan och skelettjorden sträcker sig från planteringslådan in under trottoaren. Skelettjorden har sin största bredd i botten på ca en meters djup från markytan, där den är 2000 mm. På 40 cm djup, där skelettjorden börjar, är bredden 1400 mm (figur 15). Handlingarna säger också att skelettjorden ska bestå av 2/3 makadam 65-120 mm, samt 1/3 massor ur grupp 13a, tabell D/2 i Mark AMA 83. Mullhalten ska vara 3-5 viktprocent och lerhalten 10-15 viktprocent. Jorden i denna skelettjord kan beskrivas som en lerig sandmorän. Markkemiska riktvärden saknas i handlingarna. Bevattning med rotbevattnare ska ha skett under garantitiden.



Figur 15. Anläggning yttre Grubbensringen (ej skalenlig) (ritning 45 35 420, typ A).

Av de träd som vitalitetsbedömdes, valdes två träd ut där skelettjordsanläggningen skulle undersökas. De träd som valdes ut benämns i kartan (figur 16) som träd nr 6 och träd nr 19, båda med vitalitetsklass B.



Skelettjordsundersökning av anläggningarna ägde rum den 18 maj 2006, men grävningen av groparna skedde redan den 25/4 2006. Detta innebär att groparna hade hunnit bli något nedsmutsade med löv och skräp och profilerna var otydliga. Trälådan hade i båda groparna frilagts och de rötter som växte ut genom springorna hade torkat något. Jag ansåg dock att groparna var i sådant skick att anläggningarna gick att undersöka.

Vid tillfället för min undersökning togs planteringslådornas plankor bort på den sida som vette mot gropen och jag fick tillfälle att titta på hur rötterna växt på planteringslådans insida och ta jordprov därifrån.

4.3.1.1 Resultat yttre Grubbensringen

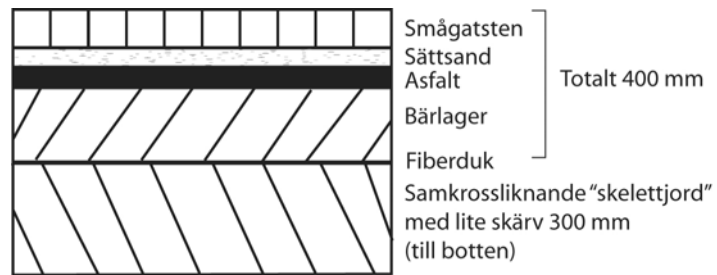
Träd 6

Överbyggnaden från markytan och nedåt såg ut som följer: gatsten, sättsand, asfalt, bärlager, fiberduk, skelettjord (figur 17).

Gropen grävdes ner till 70 cm djup och skelettjorden började på ett djup av ca 40-45 cm.

Trälådans innermått var 80x80 cm. Lådan hade tre springor ut mot gropen och de var

alla ca 6 cm breda. Rutnätet anpassades efter springorna så att en springa hamnade överst i varje rutrad (figur 18). Rutor-
nas storlek var 20x20 cm och bredden på rutnätet blev 80 cm. Avståndet från profilväg-
gen till trädstammen uppmät-
tes till 40 cm.

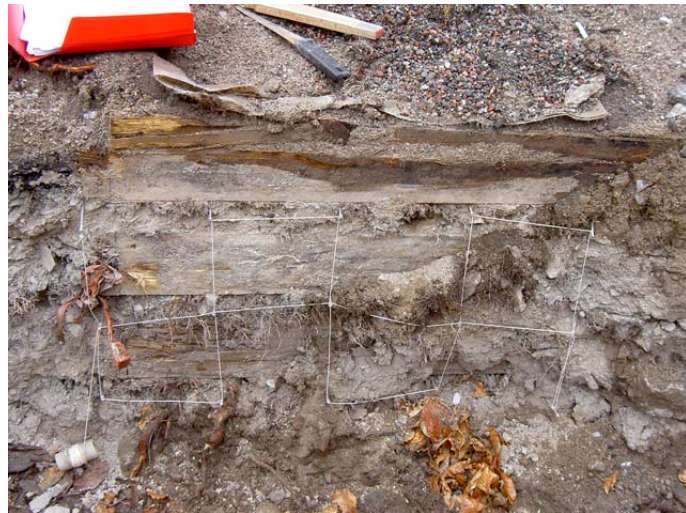


Figur 17. Överbyggnad vid träd nr 6.

Utanför översta springan fanns överbyggnadens bärlager, och andra springan mynnade mot gränsen bärlager och skelettjord. Tredje springan var belägen helt mot skelettjor-
den.

Skelettjorden kändes gru-
sig/sandig och påminde om
samkross med lite skärv i. Den
jord som syntes fanns vid lådan
och verkade ha trängt ut där-
ifrån.

Flest rötter växte ut genom
översta springan på ett djup av
ca 20 cm, men det var med
undantag av en rot enbart
finrötter. Vid andra springan, på
ca 40 cm djup, växte det ut
något färre rötter än i den
översta, men bland dem fanns
en del grövre rötter. Vid den nedersta springan, på ca 60 cm djup, växte det ut betydligt
färre rötter än i den övre delen (tabell 8).



Figur 18. Rutnät vid träd nr 6, yttre Grubbensringen

Bara någon enstaka rot hade vuxit ut så långt som till andra sidan gropen, 105 cm från
trädstammen.

Tabell 8. Antal rötter vid träd nr 6

Djup från markytan (cm)	Antal rötter < 2 mm	Antal rötter 2-10 mm	Antal rötter >10 mm	Totalt antal rötter
Ca 20	80	1	---	81
Ca 40	67	9	---	76
Ca 60	16	4	3	23

Innanför trälådan, i planteringsgropen, växte rötterna mot och ut genom springorna. Det var inte mycket rotsnurr. Jorden verkade inte kompakt, men den var sandig på vissa ställen och myrbo fanns här vilket jag tolkar som att jorden var förhållandevis torr (figur 19).

Jordprov från skelettjorden på ca 50 cm djup visade pH 8,1, mullhalt 1,5% och lerhalt 6%.



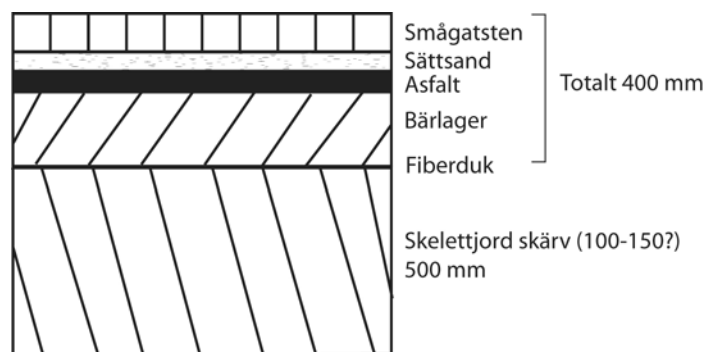
Figur 19. Planteringslådans sida borttagen, träd nr 6

Jordprov från planteringsgropen ca 50 cm från markytan, visade pH 7,0, mullhalt 2% och lerhalt 6%.

Träd 19

Överbyggnaden från markytan och nedåt såg likadan ut som för träd nr 6, nämligen: gatsten, sättsand, asfalt, bärlager, fiberduk, skelettjord (figur 20).

Gropen var 90 cm djup och skelettjorden började på ett djup av ca 40-45 cm.



Figur 20. Överbyggnad vid träd nr 19.

Trälådans innermått var 80x80 cm. Lådan hade tre springor ut mot gropen. Den översta springan var ca 1 cm, andra springan ca 2 cm och tredje springan ca 5 cm (figur 21). Det visade sig vara svårt att få ett rutnät att fästa här, så istället valde jag att mäta antalet rötter per springa.

Utanför översta springan fanns överbyggnadens bärlager, och andra springan mynnade mot gränsen bärlager och skelettjord. Tredje springan var belägen helt mot skelettjorden. Mätområdet låg 40 cm ut från trädstammen.

Skelettjorden hade ett skelett av skärv och utfyllnaden var grusig/sandig. Jorden uppfattades som väldigt torr.



Figur 21. Springor i planteringslåda, träd nr 19

Flest rötter växte ut genom översta springan på ett djup av ca 20 cm, mestadels finrötter men även en del grövre rötter. Vid andra springan, på ca 40 cm djup, växte det ut något färre rötter än i den översta, och vid den nedersta springan växte det ut betydligt färre rötter än i den övre delen (tabell 9).

Gropen var 140 cm bred och bortre profilväggen var alltså 180 cm från trädstammen. Inga rötter noterades på detta avstånd.

Tabell 9. Antal rötter vid träd nr 19

Djup från markytan (cm)	Antal rötter < 2 mm	Antal rötter 2-10 mm	Antal rötter >10 mm	Totalt antal rötter
Ca 20	40	6	---	46
Ca 40	30	2	---	32
Ca 60	12	---	1	13

Planteringsjorden, innanför trälådan, var kompakt och rotsnurr hade uppstått även om rötterna till viss del växte ut genom springorna (figur 22).

Jordprov från skelettjorden på ca 45 cm djup visade pH 8,4, mullhalt 0,15 % och lerhalt 2 %.



Figur 22. Rötter innanför planteringslådan, träd nr 19

Jordprov från planteringsjorden ca 50 cm från markytan visade pH 7,3, mullhalt 2,9 % och lerhalt 8 %.

Jämförelse med handlingar

Överbyggnaden från markytan och nedåt stämde väl överens med handlingarna avseende material och lagertjocklekar. Till skelettet föreskrevs makadam 65-120 mm vilket brukar benämnas som skärv, och det fanns också i båda provgroparna. I provgropen vid träd nr 19 var det tydligare än vid träd nr 6 där fraktionerna på krossmaterialet varierade mycket. I båda groparna är det svårt att avgöra om andelen skelett respektive jord stämmer med handlingarna just på grund av en stor variation av fraktioner samt att tydlig jordstruktur saknas helt.

Båda groparna upplevdes som torra och sandiga, och tittar man på de ler- och mullvärden som uppmättes så ser man att de ligger betydligt under de föreskrivna värdena (tabell 10). 0,15 % mull och 2 % ler vid träd nr 19 indikerar en nedsmutsad morän snarare än en skelettjord.

Tabell 10. Markfysikaliska egenskaper yttre Grubbensringen, en jämförelse mellan handlingar och provgropar.

	Vitalitetsklass	Anläggningsår	Skelett enl. handlingar	Skelett enl. undersökning	Multhalt riktvärde	Multhalt jordprov	Lerhalt riktvärde	Lerhalt jordprov
Träd nr 6	B	1998/99	Makadam 65-120 mm	Samkross med lite skärv	3-5 %	1,5 %	10-15 %	6 %
Träd nr 6, plant,jord						2 %		6 %
Träd nr 19	B	1998/99	Makadam 65-120 mm	Skärv ca 100-150 mm	3-5 %	0,15 %	10-15 %	2 %
Träd nr 19, plant,jord						2,9 %		8 %

Eftersom det saknades riktvärden i handlingarna för de markkemiska egenskaperna, går det inte att jämföra jordprovernas motsvarande värden med några föreskrifter. Jordprovsresultaten kan dock användas vid en helhetsanalys av anläggningen och provgroparna kan också jämföras med varandra. De markkemiska värden som jordproverna visade finns därför angivna i tabell 11.

Tabell 11. Markkemiska egenskaper, yttre Grubbensringen.

	pH jordprov	Ledningstal jordprov	Fosfor P-AL jordprov Mg/100g lufttorkat	Kalium K-AL jordprov Mg/100g lufttorkat	Magnesium Mg-AL jordprov Mg/100g lufttorkat	K/Mg kvot jordprov
Träd nr 6, skelettjord	8,1	1,3	1,9	4,1	10	0,4
Träd nr 6, plant,jord	7,0	0,5	26	8,4	7,7	1,1
Träd nr 19, skelettjord	8,4	2,7	1,2	11	11	1,0
Träd nr 19, plant,jord	7,3	0,5	12	5,9	7,4	0,8

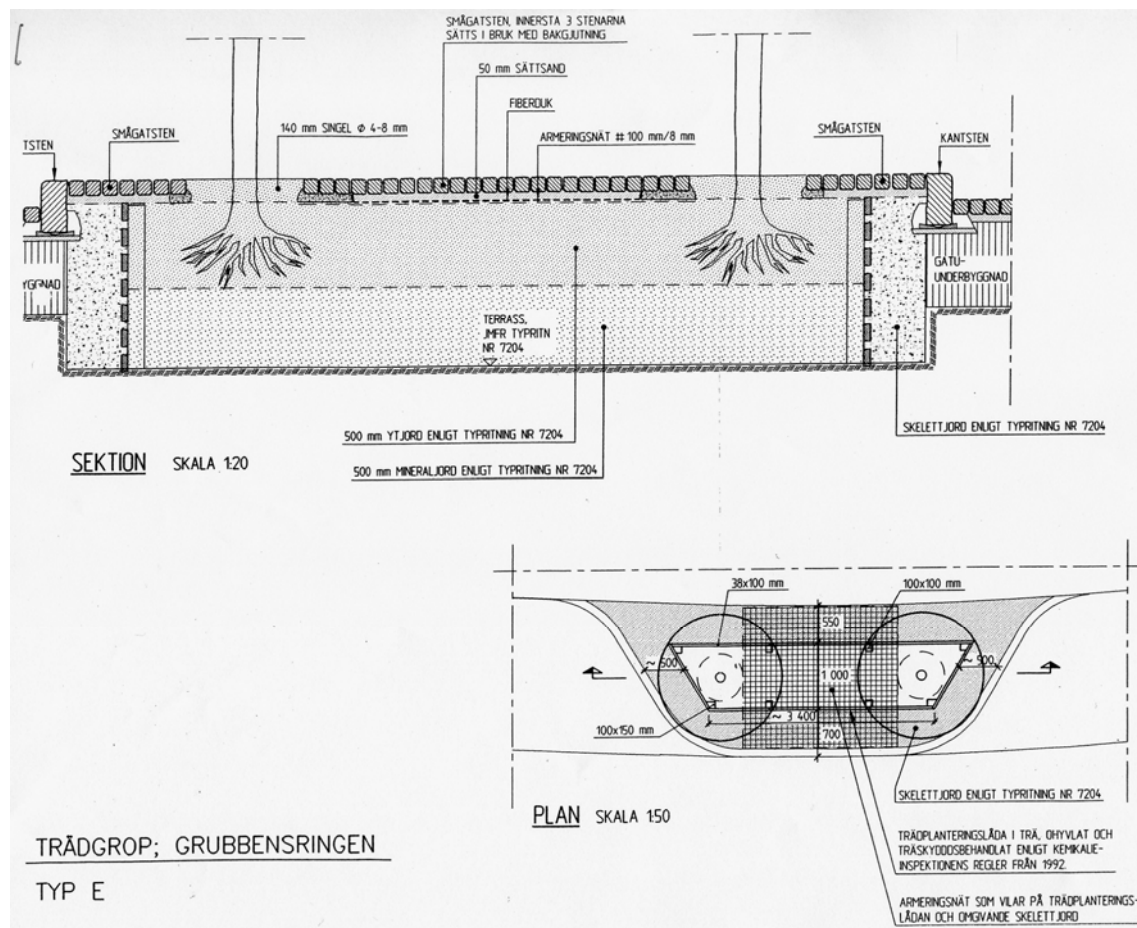
4.3.2 Inre Grubbensringen

I den inre ringen är körsbärsträd planterade parvis i planteringslådor av trä. Planteringslådorna är enligt ritningarna 1000 mm breda och 1000 mm djupa. Längden varierar mellan ca 3400 mm närmast gatan, och ca 4400 mm inåt husen. Mellan planteringarna går gatan in och bildar parkeringsytor. Skelettjord har bara använts i ett smalt område runt planteringslådorna och inte vidare under parkeringsytorna. Som mest har skelettjorden en bredd av 700 mm. Det är i ytan som gränsar till gångbanan framför

husen. Det var i denna yta som provgroparna grävdes och undersökningen av skelettjorden utfördes den 8/11 2006.

Ytan mellan de två träden i varje plantering är belägen rakt framför entréerna till husen och fungerar som en passage ut till gatan. Gatsten är satt över planteringsytan och sättningar syns tydligt här. Enligt ritningarna har armeringsnät med en bredd av 1400 mm lagts över den 1000 mm breda planteringsytan, kanske för att minska risken för sättningar.

De flesta handlingarna för inre Grubbensringen är desamma som för yttre Grubbensringen. Det som skiljer de båda sidorna av vägen åt är främst trädsorten samt hur planteringarna ser ut. I ritningarna för de undersökta platserna längs inre Grubbensringen framgår det att överbyggnaden utanför planteringslådan består av smågatsten, sättsand, fiberduk och därunder skelettjord som därmed ska börja redan på 150 mm djup (figur 23).



Figur 23. Anläggning inre Grubbensringen (ej skalenlig) (ritning 45 35 420, typ E).

Den föreskrivna skelettjorden är densamma som för yttre Grubbensringen, nämligen 2/3 makadam 65-120 mm, samt 1/3 massor ur grupp 13a, tabell D/2 i Mark AMA 83. Mullhalten ska vara 3-5 viktsprocent och lerhalten 10-15 viktsprocent. Jorden i denna skelettjord kan beskrivas som en lerig sandmorän. Markkemiska riktvärden saknas i handlingarna. Bevattning med rotbevattnare ska ha skett under garantitiden.

Träden har bedömts vara av sorten *Prunus avium* 'Plena'. Åtta träd har tidigare vitalitetsbedömts och hälften av träden hade då god vitalitet medan den andra hälften hade en medelgod vitalitet (Pettersson 2006).

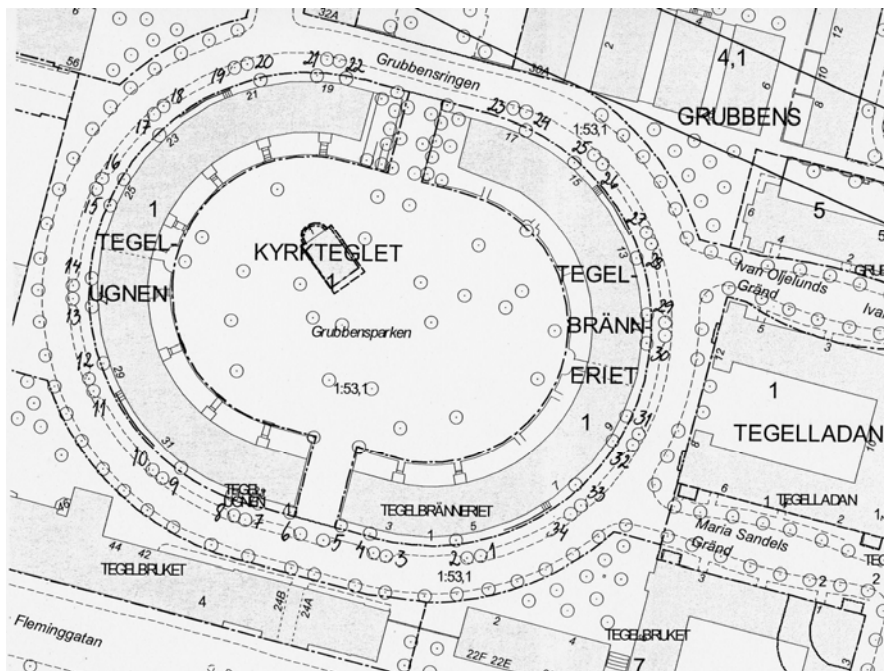
Av de åtta träd som vitalitetsbedömdes valdes två träd ut för undersökning av rötternas utveckling i skelettjorden. Valet föll på träd nr 9 (figur 24), vitalitetsklass A, och träd nr 20 (figur 25), vitalitetsklass B. Trädnumreringen följer Petterssons (2006) numrering (figur 26).



Figur 24. Träd nr 9, till höger.



Figur 25. Träd nr 20, bortre trädet



Figur 26. Trädnumrering, inre Grubbensringen (J. Pettersson, 2006).

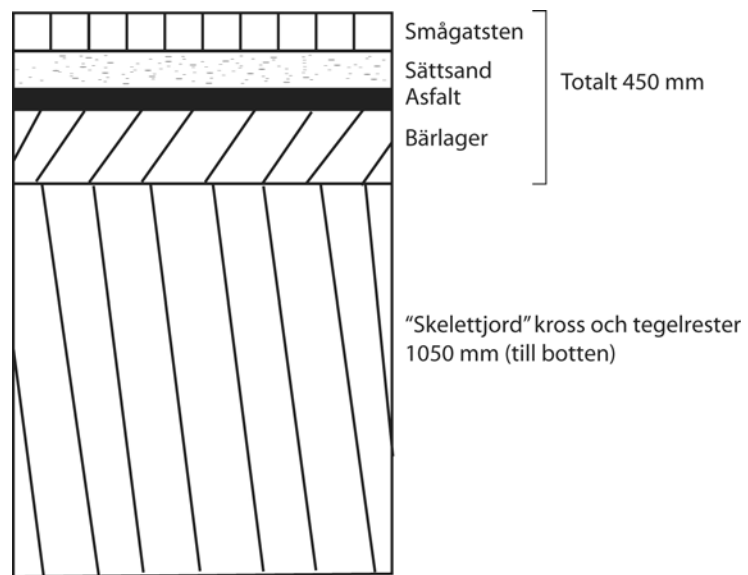
Den ursprungligt valda metoden för undersökningen med rutnät som sattes upp en bit utanför planteringslådan fungerade inte i dessa anläggningar eftersom området var så smalt. Planteringslådorna fick friläggas helt. Hade grävning skett in på gångbanan, utanför skelettjordsytan, hade detta utgjort ett betydande hinder för de boende då ytorna utgör entré till fastigheten. Eftersom planteringslådorna var av trä med horisontella springor, valde jag att mäta rötterna per springa. Provgroparna grävdes till botten av planteringslådan och rötterna mättes över en bredd av 90 cm, med trädstammen i centrum av mätområdet.

4.3.2.1 Resultat inre Grubbensringen

Träd 9

Överbyggnaden i anläggningen från markytan och nedåt såg ut enligt följande: smågatsten, sättsand, asfalt, bärlager och det som skulle vara skelettjord (figur 27).

Dubbla armeringsnät var placerade över växtbädden och de vilade ovanpå asfalten. Rutorna i armeringsnätet hade storleken 95x95 mm och armeringsjärnet hade diametern 8 mm. Sättningarna över växtbädden var stora.



Figur 27. Överbyggnad vid träd nr 9.

Skelettjorden började på 45 cm djup och den bestod av kross och skärv i olika storlek, tegelrester samt sandigt material och lera. Det större skelettmaterialet var ojämnt fördelat i profilen och lagret påminde till sin uppbyggnad om en sandig morän.

Planteringslådan började först på 55 cm djup från markytan och botten fanns på 150 cm djup. Planteringsjord fanns även en bra bit över själva planteringslådan och en matta av rötter och planteringsjord "hängde ut" över lådan (figur 28).

Sex springor fanns i lådan. Smalaste springan var 1,5 cm (på ca 78 cm djup) och tre springor var störst med 4



Figur 28. Grop vid träd nr 9

cm (på 93, 106 och 121 cm djup).

Flest rötter fanns i planteringsjorden över planteringslådan. De verkade sträcka sig ut så långt som det fanns jord. Dessa rötter låg dock utanför mätområdet. I mätområdet, det vill säga springorna, fanns det mest rötter på 106 cm djup. Nästan lika många rötter fanns på 66 cm djup, och där var antalet grövre rötter större trots att springan var smalare. Minst antal rötter växte ut från springorna på 121 och 135 cm djup (tabell 12). Från lådans undersida på 150 cm djup växte det ut tre rötter grövre än 2 mm men mindre än 10 mm.

Tvärs över gropen på ca 80 cm djup, ca 120 cm från trädet, växte ett band av rötter in under gångbanan utanför skelettjorden. Några få rötter växte i sättsanden över asfalten.

Jordprov togs dels från skelettjorden på 70 cm djup, dels från planteringsjorden som hängde ut över lådan på 40 cm djup från markytan.

Jordprovet från skelettjorden visade pH 8,4, mullhalt 0,56 % och lerhalt 6 %.

Jordprovet från planteringsjorden visade pH 8,1, mullhalt 5,7 % och lerhalt 5%

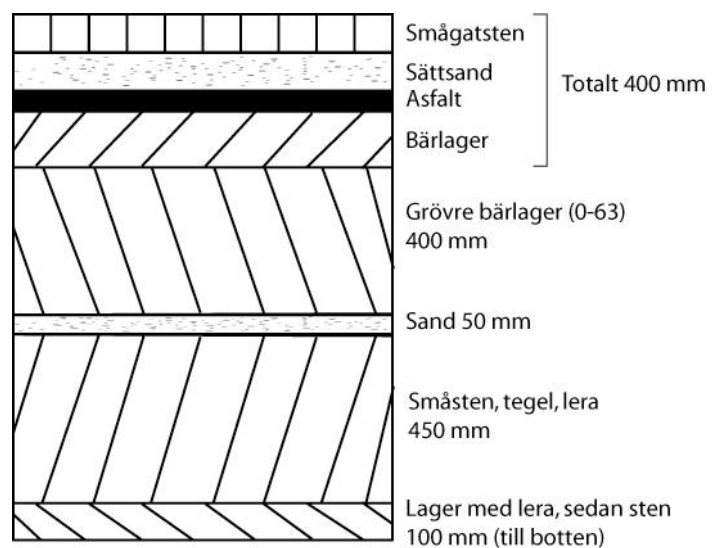
Tabell 12. Antal rötter vid träd nr 9

Djup från markytan (cm)	Antal rötter < 2 mm	Antal rötter 2-10 mm	Antal rötter >10 mm	Totalt antal rötter
Ca 66	15	6	4	25
Ca 78	13	3	1	17
Ca 93	13	---	---	13
Ca 106	25	5	1	31
Ca 121	2	---	---	2
Ca 135	1	1	---	2

Träd 20

Överbyggnaden i anläggningen från markytan och nedåt såg ut enligt följande: smågatsten, sättsand, asfalt, bärlager, grövre bärlager, tunt sandlager, ett lager av tegelrester, lera, småsten och sand, ett tunt lerlager sten under detta (figur 29).

Ett armeringsnät med rutstorlek 140x140 mm och järndiameter 8 mm var placerat över växtbädden, vilandes ovanpå asfalten. Sättningarna över växtbädden var stora.



Figur 29. Överbyggnad vid träd nr 20.

Det fanns ingen skelettjord, men ett fåtal rötter fanns utanför lådan. Planteringslådan började på 50 cm djup från markytan och botten fanns på 140 cm djup. Planteringsjord fanns över planteringslådan och den bildade tillsammans med rötter en matta som ”hängde ut” ca 10 cm (figur 30).



Figur 30. Grop vid träd nr 20

Sex springor fanns i lådan. Smalaste springan var 1 cm (på ca 60 cm djup) och största springan var 4 cm (på 74 cm djup).

Flest rötter fanns i planteringsjordsmattan över planteringslådan. I mätområdet, det vill säga springorna, fanns det endast ett fåtal rötter. De flesta kom från översta springan på 60 cm djup och antalet blev färre ju längre ner man kom. I nedersta springan på 126 cm djup fanns inga rötter. Det fanns endast en rot i mätområdet som var grövre än 10 mm (tabell 13).

Tvärs över gropen på ca 50 cm djup, ca 120 cm från trädet, växte tre rötter in under gångbanan och på 110 cm djup syntes fem rötter växa in under gångbanan.

Jordprov togs dels från bärlagret på 70 cm djup, dels från planteringsjorden som hängde ut över lådan på 40 cm djup från markytan.

Jordprovet från bärlagret visade pH 8,1, mullhalt 0,18 % och lerhalt < 2 %.

Jordprovet från planteringsjorden visade pH 7,8, mullhalt 8,2 % och lerhalt 7%.

Tabell 13. Antal rötter vid träd nr 20

Djup från markytan (cm)	Antal rötter < 2 mm	Antal rötter 2-10 mm	Antal rötter >10 mm	Totalt antal rötter
Ca 60	4	4	1	9
Ca 74	3	2	---	5
Ca 87	3	1	---	4
Ca 100	2	---	---	2
Ca 112	---	1	---	1
Ca 126	---	---	---	0

Jämförelse med handlingar

Enligt handlingarna skulle skelettjorden börja direkt under smågatsten och sättsand. Grävningarna visade att överbyggnaden bestod av flera lager, men ingen skelettjord. Under slitlagret och sättsanden fanns i båda provgroparna asfalt och under denna ett bärlager. Därunder fanns vid träd nr 9 ett lager som hade en del större krossfraktioner i sig, men de var ojämnt fördelade och jorden innehöll endast 0,56 % mull och 6 % ler, att jämföra med riktvärdena på 3-5 % mull och 10-15 % ler (tabell 14). Materiallagret kan inte kallas skelettjord. Vid träd nr 20 fanns inte heller någon skelettjord. Här övergick bärlagret i ett grövre bärlager/förstärkningslager som avslutades med ett sandlager. Under det fanns lager av blandat material med större fraktioner och inslag av kompakt lera. Det finns ingenting i provgropen vid träd nr 20 som indikerar att man har haft för avsikt att anlägga skelettjord där. Jordprovet togs från det grövre bärlagret eftersom det fanns på ett djup där man hade kunnat förvänta sig skelettjord, och provet visade 0,18 % mull och < 2 % ler vilket styrker iakttagelserna (tabell 14).

Tabell 14. Markfysikaliska egenskaper inre Grubbensringen, en jämförelse mellan handlingar och provgropar.

	Vitalitetsklass	Anläggningsår	Skelett enl. handlingar	Skelett enl. undersökning	Mullhalt riktvärde	Mullhalt jordprov	Lerhalt riktvärde	Lerhalt jordprov
Träd nr 9	A	1998/99	Makadam 65-120 mm	Skärv i olika storlek, tegel	3-5 %	0,56 %	10-15 %	6 %
Träd nr 9, plant.jord						5,7 %		5 %
Träd nr 20	B	1998/99	Makadam 65-120 mm	Bärlager ca 0-63 mm	3-5 %	0,18 %	10-15 %	< 2 %
Träd nr 20, plant.jord						8,2 %		7 %

Över båda planteringslådorna var armeringsnät placerade liksom handlingarna föreskrev. Vid träd nr 20 var dimensionen på rutorna för stor, vilket man hade försökt lösa genom att lägga dubbla nät där.

Det finns inga riktvärden att jämföra de markkemiska egenskaperna med, men man kan konstatera att det är näringsfattiga jordar med högt pH och med obalans i kalium-/magnesium-kvoten (tabell 15).

Tabell 15. Markkemiska egenskaper, inre Grubbensringen.

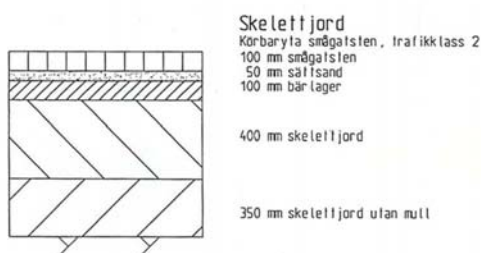
	pH jordprov	Ledningstal jordprov	Fosfor P-AL jordprov Mg/100g lufttorkat	Kalium K-AL jordprov Mg/100g lufttorkat	Magnesium Mg-AL jordprov Mg/100g lufttorkat	K/Mg kvot jordprov
Träd nr 9, skelettjord	8,4	0,3	2,3	12	2,8	4,3
Träd nr 9, plant.jord	8,1	0,3	1,4	13	7,3	1,8
Träd nr 20, skelettjord	8,1	0,1	1,5	6,6	1,5	4,4
Träd nr 20, plant.jord	7,8	0,3	1,5	15	7,7	1,9

4.4 Karl XII:s torg

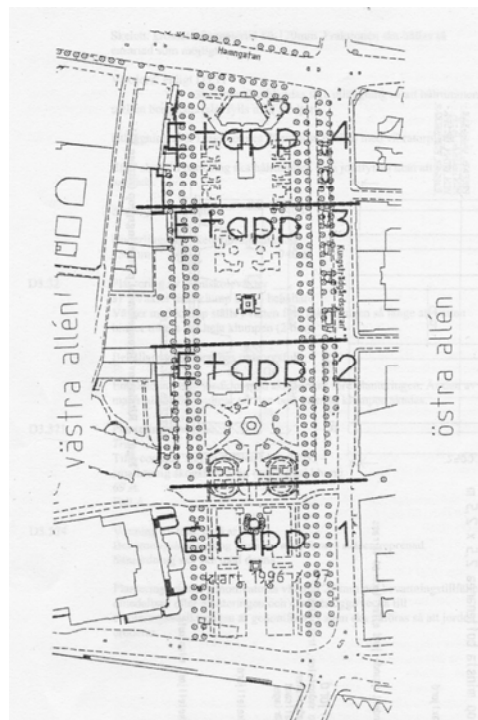
Karl XII:s torg är den sydligaste delen av den centralt belägna Kungsträdgården. Torget är grönt med gräsytor och planteringar av olika slag. Våren 1997 planterades 63 lindar runt Karl XII:s torg. Det var den första av fyra etapper i Kungsträdgården. På västra sidan av torget planterades träden i två rader och på östra sidan i tre rader (figur 31).

Anläggningen har skelettjord mellan planteringshålen i trädradernas sträckning, men inte mellan raderna. Träden, *Tilia cordata* 'Rancho', är satta i planteringslådor av betong som är 2,5x2,5 meter.

Enligt mängdförteckningen är skelettjorden indelad i ett 400 mm tjockt lager med mull och ett 350 mm tjockt lager utan mull (figur 32). Skelettet ska bestå av krossat bergmaterial, 80-120 mm och det föreskrivs att skelettjorden blandas före utläggning. Jorden ska innehålla 13-17 viktprocent ler och 8-15 viktprocent mull (i lagret med mull). pH ska ligga mellan 6,0 och 7,0 och ledningstalet mellan 1,5 och 3,0. Överbyggnaden över skelettjorden är 250 mm inklusive slitlagret av smågatsten. Bevattning av träden ska ha skett tills etableringsbesiktningen var genomförd. Riktvärden finns för näringsinnehållet i jorden, men handlingarna säger inget om näringsbevattning.

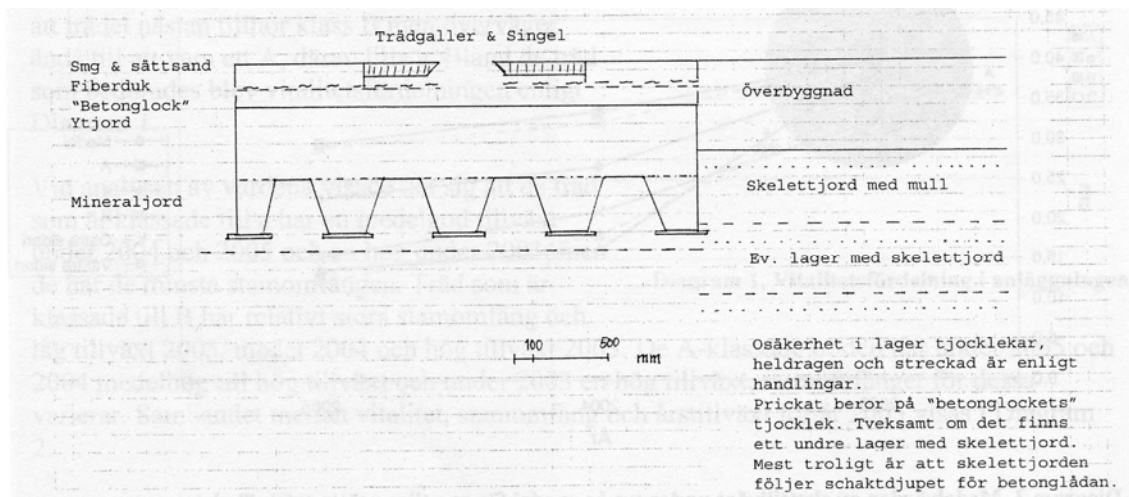


Figur 32. Skelettjordsprofil enligt handlingarna (Gatu- och fastighetskontoret, 1996).



Figur 31. Etappindelning Kungsträdgården (Gatu- och fastighetskontoret, 1997).

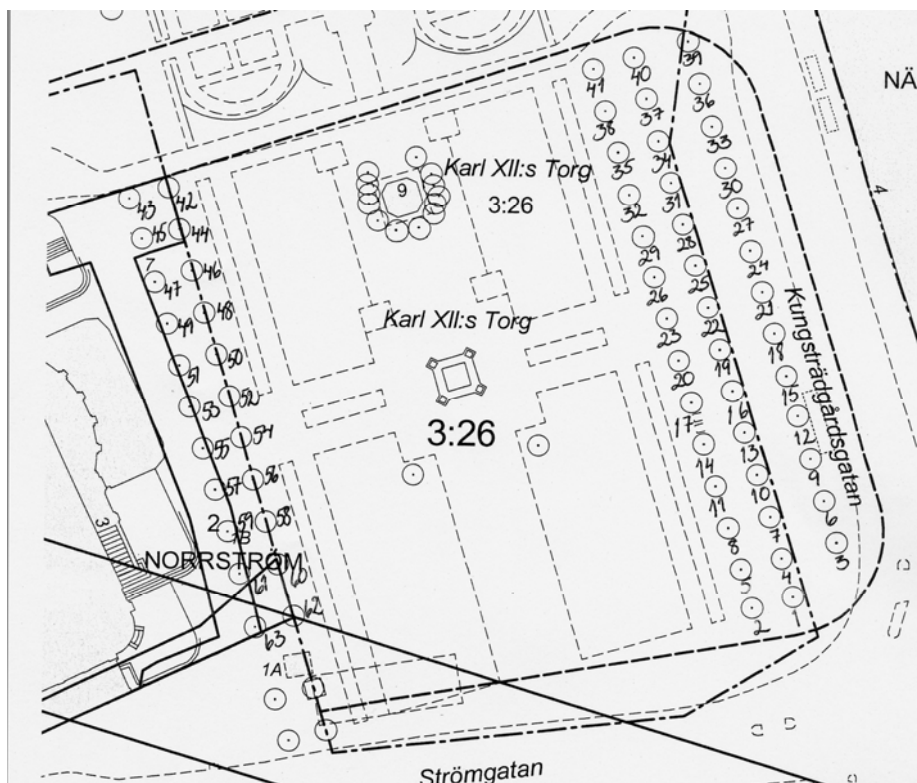
En annan beskrivning av skelettjorden, som inte stämmer överens med mängdförteckningen, framkommer genom ett personligt meddelande i J. Petterssons rapport (2006). Där påstås skelettjorden ha en total tjocklek av 500 mm. Jorden i skelettjorden innehåller låg andel ler för att undvika tjälskjutning. Ovanför detta lager finns enligt samma källa ett bärlager på 500 mm (figur 33). Bevattning kan ha skett de första fem åren och näringsbevattning utfördes under våren 2004. Ytterligare andra uppgifter säger att näringsbevattning ägde rum antingen under sommaren 2002 eller både 2001 och 2002. (Pettersson 2006)



Figur 33. Princip för hur anläggningen på Karl XII:s torg kan se ut (Pettersson 2006).

Vitalitetsbedömning utfördes på 13 träd i anläggningen (Pettersson 2006). Det visade sig att träden på den västra sidan om torget hade en lägre vitalitet och skotttillväxt än träden på den östra sidan. Den totala bedömningen var ändå att träden hade en god vitalitet och en acceptabel god tillväxt.

Av de 13 träden som bedömdes, valdes tre träd ut där rötternas utveckling i skelettjorden skulle undersökas. Valet föll på två träd på västra sidan, nämligen träd nr 48, vitalitetsklass a och träd nr 58, vitalitetsklass B samt ett träd på östra sidan, träd nr 33, vitalitetsklass A. Trädnumreringen följer Petterssons (2006) numrering (figur 34).



Figur 34. Trädnumrering, Karl XII:s torg, etapp 1 (Pettersson 2006).

4.4.1 Resultat Karl XII:s torg

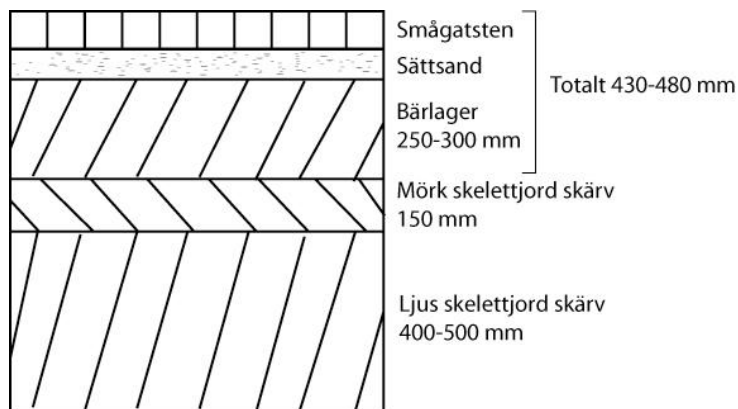
Träd 33

Provgropen grävdes söder om trädet ner till ett djup av 110 cm från mark.

Överbyggnaden från markytan och nedåt bestod av: smågatsten, sättsand, bärlager, mörk skelettjord, ljus skelettjord. Skelettjorden var anlagd med ett skelett av skärv (figur 35).

Den mörka skelettjorden började på ca 48 cm djup och lagret var ungefär 15 cm.

Lagrets övre horisont var inte jämn utan böljande, vilket innebär att om lagret varit avjämnat och packat från början, måste det senare ha blivit påverkat på något sätt.



Figur 35. Överbyggnad vid träd nr 33.

Den ljusa skelettjorden började på 63 cm djup och nådde botten på gropen.

Jorden var på vissa ställen mer packad än på andra, och där växte inte heller några rötter. Det kan vara så att andelen jord var något för hög.

Betonglådan blev vid grävningen frilagd, och rutnätet fick därför sättas upp på profilväggen på motsatt sida av gropen. Avståndet mellan träd och mätprofil var 250 cm.

Rutnätet var 90 cm brett och bestod av 15x15 cm stora rutor. Hela skelettjordslagrets djup täcktes av rutnätet. Översta raden i rutnätet täckte den mörka skelettjorden och raderna därunder det ljusa lagret (figur 36).

Flest rötter, både finrötter och grövre rötter mellan 2 och 10 mm, fanns på djupet 48-63 cm, det vill säga i den mörka skelettjorden. Det märktes en klar skillnad i antal rötter mellan den

mörka och den ljusa skelettjorden och antalet rötter minskade också något med djupet i det ljusa skelettjordslagret. Inom det ljusa skelettjordslagret dominerade finrötter i den övre delen och rötter mellan 2 och 10 mm i den nedre delen. Det fanns inga rötter grövre än 10 mm i mätområdet (tabell 16).



Figur 36. Rutnät vid träd nr 33.

Vid betonglådan fanns rötter från ca 60 cm djup. Mest finrötter fanns på 60-80 cm och de grövsta rötterna fanns på 80 cm djup. Den grövsta roten var ca 5x3 cm.

Fördelningen av rötter i rutnätet jämfört med rötterna vid betonglådan, tyder på att en del rötter vuxit något uppåt genom skelettjorden.

Jordprov togs från både den mörka och den ljusa skelettjorden.

Jordprovet från den mörka skelettjorden visade pH 6,9, mullhalt 5,2 % och lerhalt 8 %.

Jordprovet från den ljusa skelettjorden visade pH 7,1, mullhalt 2,5 % och lerhalt 5 %.

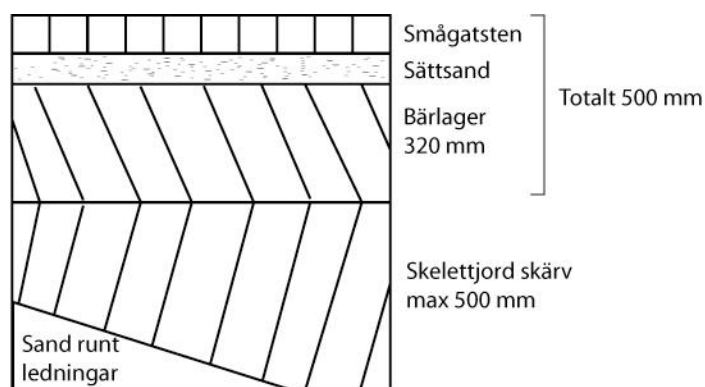
Tabell 16. Antal rötter vid träd nr 33

Djup från markytan (cm)	Antal rötter < 2 mm	Antal rötter 2-10 mm	Antal rötter >10 mm	Totalt antal rötter
48-63	63	12	---	75
63-78	23	3	---	26
78-93	11	8	---	19
93-108	6	6	---	12

Träd 48

Provgropen grävdes norr om trädet ned till ett djup av 100 cm där det var möjligt.

Överbyggnaden från markytan och nedåt bestod av: smågatsten, sättsand, bärlager, skelettjord. Skelettjorden var anlagd med ett skelett av skärv. Den var ojämn och överst fanns ett lager av jord och lera utan skelett. Skelettjorden började på 50 cm djup (figur 37).



Figur 37. Överbyggnad vid träd nr 48.

60 cm ner i mark fanns en elvarning omgiven av sand. Elvarningen med omgivande sand upptog en betydande del av gropen och det gick därför inte att använda metoden med rutnät. Denna grop undersökte jag därför endast genom okulära uppskattningar.

En slits i betonglådan frilades nästan helt, och övre delen av en slits närmare centrum av gropen frilades också. Rötter, både finrötter och grovrötter, växte ut från dessa slitsar, mest på 75 cm djup från markytan, det vill säga 15 cm ner i skelettjorden. Grövsta roten

var ca 20 mm i diameter. Ovanför elvarningen fanns några grovrötter och det fanns även rötter i bärlagrets undre del.

I gropens kortända, vid gränsen för skelettjordsanläggningen och vanlig överbyggnad, hittades en gammal elledning och också en bevattningsledning som grävdes av på grund av att förvarning saknades (figur 38). Bevattningsledningen reparerades på plats även om det var oklart om den var tänkt att användas.

Jordprov från skelettjorden visade pH 7,2, mullhalt 1,9 % och lerhalt 8 %.



Figur 38. Grop vid träd nr 48.

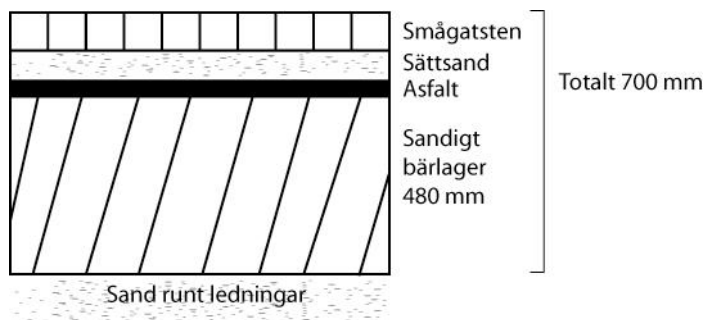
Träd 58

Provgropen grävdes söder om trädet ned till, som mest, 70 cm djup.

Överbyggnaden från markytan och nedåt bestod av: smågatsten, sättsand, asfalt, bärlager, sand (figur 39).

Tvärs över gropen på ca 65 cm djup fanns ett stråk av kablar och grävning kunde därför inte ske djupare än så. Försiktig grävning längs med sidan av kabelstråket visade att bärlagret gick ner till 70 cm djup, men att det därunder fanns sand (figur 40). Kablarna var omgivna av sand och det fanns alltså ingen skelettjord på denna sida om trädet. Jag hittade heller inga rötter i sanden eller bärlagret.

Ett prov togs från sanden för att styrka den okulära iakttagelsen. Provet visade pH 8,5, mullhalt < 0,1 % och lerhalt < 2 %.



Figur 39. Överbyggnad vid träd nr 58.



Figur 40. Försiktig grävning vid kablar, träd 58

Jämförelse med handlingar

I de två provgropar där det fanns skelettjord, började den på ca 50 cm djup. Det är djupare än de 25 cm som anges i handlingarna. Djupet stämmer inte heller med den muntliga källa som uppgav att det ovanför skelettjorden skulle finnas 50 cm bärlager. Det skulle i så fall innebära att skelettjorden fanns på ca 65 cm djup.

Skelettmaterialet stämmer överens med handlingarna. Krossat bergmaterial i fraktionerna 80-120 mm benämns ofta som skärv. Eventuellt var andelen skärv i skelettjorden något mindre än handlingarnas 2/3.

Enligt handlingarna skulle skelettjorden bestå av ett 400 mm lager med mull och ett 350 mm lager utan mull. Vid träd nr 48, på västra sidan torget, var färgen homogen i den skelettjord som fanns, och jordprov visade att mullhalten i lagret endast var 1,9 %. Det innebär att det finns mull, men det är långt under riktvärdet på 8-15 %. Vid träd nr 33, på östra sidan av torget, var skelettjorden tydligt skiktad i ett mörkt övre lager och ett ljus undre lager. Det övre mörka lagret var dock endast 150 mm, medan det undre ljusa lagret var 400-500 mm. Jordprov visade att mullhalten i det övre lagret var 5,5 % och i det undre 2,5 %. Det undre lagret var alltså inte mullfritt, och det övre lagret nådde inte riktigt upp till riktvärdet (tabell 17).

Riktvärdet för lerhalten i skelettjorden är 13-17 %. Ingen av de båda provgroparna med skelettjord når upp till detta värde. De ligger istället på 5-8 % lerhalt.

Riktvärdena för både mull- och lerhalt kan ifrågasättas. Det som fungerar som växtjord i andra sammanhang fungerar inte lika bra i en skelettjord. En hög mull- och lerhalt försvårar blandningen av skelettjorden, och jorden riskerar att packas när skelettjorden vibreras. Ofta rekommenderas, i färdigblandade skelettjordar, en mullhalt på 3-5 % och en lerhalt på 10-15 %. Det är lägre värden än de som handlingarna visar för den undersökta anläggningen på Karl XII:s torg.

Provgropen vid träd nr 58, på västra sidan av torget, avviker helt från handlingarna på grund av ett ledningsstråk med omgivande sand.

Tabell 17. Markfysikaliska egenskaper Karl XII:s torg, en jämförelse mellan handlingar och provgropar.

	Vitalitetsklass	Anläggningsår	Skelett enl. handlingar	Skelett enl. undersökning	Mullhalt riktvärde	Mullhalt jordprov	Lerhalt riktvärde	Lerhalt jordprov
Träd nr 33 Skelettjord med mull	A	1997	Krossat bergmaterial, 80-120 mm	Skärv	8-15 %	5,2 %	13-17 %	8 %
Träd nr 33 Skelettjord utan mull	A	1997	Krossat bergmaterial, 80-120 mm	Skärv	0 %	2,5 %	13-17 %	5 %
Träd nr 48	a	1997	Krossat bergmaterial, 80-120 mm	Skärv	8-15 %	1,9 %	13-17 %	8 %
Träd nr 58	B	1997	Krossat bergmaterial, 80-120 mm	--- (Sand)	8-15 %	< 0,1 %	13-17 %	< 2 %

De riktvärden för näringsämnen som finns i mängdförteckningen, anges enligt analys med spurwaymetoden. Det är en metod som mäter de lättlösliga näringsämnena i markvätskan vid en angiven tidpunkt och den säger inte mycket om näringsinnehållet som är bundet till jorden. Metoden lämpar sig därför främst till växthusodling där substratjordar används och man tillför näring kontinuerligt under kontrollerade former (Wiklander 1976). Spurwaymetoden är därmed olämplig vid näringsanalys av växtjord avsedd för stadsträd.

Jordproven som togs vid undersökningen är analyserade enligt AL-metoden som är den brukliga metoden för analys av dylik växtjord. De uppmätta värdena går inte att jämföra med riktvärdena enligt spurwaymetoden, och riktvärden för näringsämnen saknas därför i tabellen för de markkemiska egenskaperna (tabell 18).

pH-värdena i skelettjordarna ligger runt 7, vilket är den övre gränsen i riktvärdet. I sanden vid träd nr 58 är pH-värdet 8,5 vilket är betydligt högre. Jordarna har något låga fosforvärden, men näringsinnehållet är annars inte alarmerande lågt.

Tabell 18. Markkemiska egenskaper, Karl XII:s torg.

	pH riktvärde	pH jordprov	Ledningstal riktvärde	Ledningstal jordprov	Fosfor P-AL jordprov Mg/100g lufttorkat	Kalium K-AL jordprov Mg/100g lufttorkat	Magnesium Mg-AL jordprov Mg/100g lufttorkat	K/Mg kvot jordprov
Träd nr 33, skelettjord mörk	6-7	6,9	1,5-3,0	0,7	2,5	5,5	7,6	0,7
Träd nr 33, skelettjord ljus	6-7	7,1	1,5-3,0	0,6	2,7	6,0	7,6	0,8
Träd nr 48, skelettjord	6-7	7,2	1,5-3,0	0,3	2,9	8,4	7,6	1,1
Träd nr 58, sand	6-7	8,5	1,5-3,0	0,2	1,7	3,3	2,2	1,5

5 DISKUSSION

Diskussionen utgår i många avseenden från fallstudien och exemplifieras därför av iakttagelser från denna. I de fall det refereras till specifika trädnummer, kan uppgifterna om dessa återfinnas i fallstudien under respektive anläggningsrubrik.

5.1 Metodkritik

Någon statistisk analys har inte kunnat göras i fallstudien då urvalet har varit litet och anläggningarna i de flesta fall inte har varit jämförbara, då de har planterats på olika ställen vid olika tidpunkt och med olika föreskrifter. Avståndet från trädet till profilväggen varierade också och mätresultaten blev därför inte heller jämförbara. Studien kan alltså bara ge grova uppskattningar om rotutvecklingen.

Ytterligare en osäkerhet var att endast en provgrop per träd grävdes och förutsättningarna under mark kan ha sett annorlunda ut på övriga sidor. Likaså togs bara ett jordprov per skelettjord och med tanke på den stora variation som finns i en urban mark, kan inte alltför stora slutsatser dras av jordprovsanalysen.

Dikesprofilmetoden visade sig vara svår att använda vid mätningen av rötterna. Skelettjordarna hade en benägenhet att rasa ner i gropan och frilägga planteringslådorna, och det var då omöjligt att fästa spikarna där snöret skulle fästas. Mätningen fick ibland utföras på motstående profilvägg vilket gav ett längre avstånd till trädet. Dessutom består skelettjord till stor del av sten, vilket innebär att spikarna fick fästas där det gick, med resultatet att mätrutorna inte fick exakta mått. Å andra sidan tror jag det skulle vara svårt att hitta ett bättre sätt att mäta rötterna inom den tidsram och med de resurser som fanns. Just metodens enkelhet gjorde att det var möjligt att uppnå syftet. Undersökningarna har, trots begränsningarna, gett svar på hur de aktuella anläggningarna såg ut och också i stora drag åskådliggjort var och hur trädrötterna växer.

5.2 Vikten av kunskap

Ingen av de skelettjordsanläggningar som undersöktes i fallstudien var byggda enligt handlingarna och dokumentationen har varit bristfällig. En anledning kan vara att entreprenörernas kunskap om skelettjordar har varit otillräcklig. Anläggningarna var vid undersökningstillfällena mellan fyra och nio år gamla, och eftersom skelettjordar började användas i Stockholm i mitten av 1990-talet (Pettersson 2006) så innebär det att studiens äldsta anläggningar också var några av de första. Kunskapen kan ha ökat fram till idag. Ett sätt att säkerställa att handlingarna följs är att kräva dokumentation av entreprenören. Foto som visar arbetets gång borde vara en naturlig del av denna dokumentation. Som beställare kan man också ha en representant med specialistkunskap ute på plats vid anläggandet. Specialisten kan då också besvara entreprenörens frågor och på så vis öka den generella kunskapen om skelettjordens funktion. Detta förfarande, med en arborist som följer anläggandet, har man idag i Stockholm ⁵ och jag tror att det är rätt väg att gå.

De handlingar som fanns visade på en bristande kunskap om skelettjordar även hos beställaren. I något fall hade det angetts olämpliga riktvärden för både markfysikaliska och markkemiska egenskaper, men vad jag tycker är minst lika anmärkningsvärt är att

⁵ Björn Embrén, trädansvarig, Trafikkontoret Stockholms Stad, personligt meddelande 2006-11-08.

skelettjord hade föreskrivits på platser där större planteringsgropar med ren planteringsjord hade varit ett bättre alternativ. Samtidigt hade man underlåtit att föreskriva skelettjord under parkeringsytor och trottoarer där skelettjord med fördel kan användas.

5.3 Skelettjordarnas uppbyggnad

Många av de undersökta provgroparna kändes torra. Hårdgjorda ytor och väldränerad mark kännetecknar dessa platser. Stål (2001) menar att öppna ytor som perennplanteringar bör användas där det är möjligt för att förbättra situationen för träden. Dels ökar det infiltration och gasutbyte, dels ger undervegetation tillförsel av organiskt material. Där trafik omöjliggör växtbäddar finns genomsläpplig makadam som alternativ. I fallstudien skulle en öppen yta kunna fungera på yttre Grubbensringen. Undersökningarna visade att det i fallstudiens anläggningar fanns ett till två asfaltlager över de flesta av skelettjordarna vilket ytterligare försämrade den infiltration som hade varit möjlig genom fogarna i slitlagret. Asfalten hindrar också det viktiga gasutbytet (Craul 1992). En första åtgärd för att förbättra förutsättningarna för träden borde därför vara att ta bort asfalten i överbyggnaden. Funktionen av asfalten har förmodligen varit att säkerställa bärigheten, men med en rätt anlagd skelettjord ska det inte behövas i en anläggning under en trottoar (Trowbridge & Bassuk 2004). För att förhindra sättningar i mark och packade jordlager på grund av dåligt anlagd skelettjord, kan man använda fiberduk och geoarmeringsnät som tar upp och fördelar lasterna (Kristoffersen 1996).

Anläggningarna i studien uppvisade stor variation i uppbyggnad. Längs Tegelviksgatan bestod materialet av allt från lecakrossbitar spridda i lerig jord, till moränliknande samkross. Lecakrossbitar utspridda här och var i en sandblandad lerig jord ger dålig bärighet till en hårdgjord yta, vilket kan leda till sättningar. Dessutom finns risk för att trädrotterna får problem med att tränga igenom lager av packad jord. Jordpackning i stadsmiljö återkommer ständigt i litteraturen som ett problem. Bland annat skriver Coder (1998) att den minskade porstorleken ger upphov till brist på växttillgängligt vatten, syre och utrymme. För de berörda träden i studien innebär det troligen ett förkortat liv. Samkross eller moränliknande lager med mycket sand och småsten kan ge bättre bärighet åt en hårdgjord yta, men erbjuder långt ifrån optimala förhållanden för trädrotterna. De stora porer som ett skelett med ensartad fraktion är tänkt att ge, minskar drastiskt. Den tillgängliga jordvolymen minskar därmed också. Risken finns också att materialet är svår genomträngligt. Hade handlingarna följts, hade förutsättningarna för rötterna troligen varit betydligt bättre. Den färdigblandade jorden måste visserligen hanteras varsamt för att inte en separering av materialet ska ske, men den kan ha en högre andel ler än den skelettjord som vattnas ner i ett packat skelett. Vid nedvattning bör lerhalten inte överstiga 8 % (Trafikkontoret Stockholms Stad 2006). Det som är mest tveksamt med föreskrifterna i handlingarna, är kombinationen av metoderna. Färdigblandad skelettjord som sedan kompletteringsfylls genom nedvattning för att säkerställa att utrymmet mellan stenarna fylls, låter inte som en bra metod. Dels är risken för att mängden jord blir så stor att skelettet rubbas och förlorar i bärighet överhängande, dels kan jorden komprimeras med den brist på luft, vatten och utrymme som det innebär. Kristoffersen (1996) förespråkar en fyllningsgrad på 80 % för att undvika komprimering.

De undersökta groparna i anläggningen längs yttre Grubbensringen visade, liksom flera av groparna på Tegelviksgatan, stora variationer av fraktioner i skelettmaterialet, med förlorad skelettstruktur som följd. Problemen kan därför i viss utsträckning sägas vara

desamma här som på delar av Tegelviksgatan. Finmaterialet, där rötterna skulle växa, hade låg andel mull och ler. Bristen på ler och mull gav en torr miljö och det material som fanns var svårgenomträngligt för trädrötterna. Det tidigare beskrivna infiltrations- och gasutbytesproblemet på grund av asfaltlager fanns också här.

Båda träden i undersökningen längs Inre Grubbensringen var planterade tillsammans med ytterligare ett träd i sina planteringslådor, vilket gav en större jordvolym till varje träd än om de hade blivit planterade ett och ett i mindre planteringsgropar. Det kan emellertid vara så att jorden mellan träden har blivit kompakterad så mycket att den har blivit svårgenomtränglig för rötterna, och på så vis obrukbar för träden. Trots armeringsnäten uppvisade markytan över planteringsgroparna stora sättningar.

Planteringslådorna på inre Grubbensringen började på ca 50 cm djup och slutade på ca 150 cm djup, och det kan vara så att träden har blivit planterade för djupt. Det kan också vara så att de faktiskt har blivit planterade i jorden ovanför lådorna. Runt om lådorna skulle det finnas en smal remsa med skelettjord. I den ena gropen fanns istället något som liknade bärlager. Det fanns inget som liknade växtjord och skelettstruktur saknades. I den andra gropen fann jag något större fraktioner av blandat material, till viss del förmodligen byggs-krot, och det gav på vissa ställen i gropen upphov till större utrymme för rötter att ta sig fram i. Andelen ler var högre i denna grop vilket gjorde materialet något fuktigare.

Vid anläggandet av inre Grubbensringen hade man kunnat använda skelettjord under parkeringsytorna för att öka jordvolymen, men detta gjordes inte. Den jord som nu finns för rötterna att växa i är planteringsjorden och eventuellt det material som finns som en remsa runt om planteringslådorna. Enligt Trowbridge och Bassuk (2004) är skelettjordar ett alternativ enbart där tillräcklig jordvolym inte kan erbjudas på annat sätt. På inre Grubbensringen kan man fundera över om inte skelettjordsremsan skulle kunna ersättas med planteringsjord. På så vis hade man fått en större jordvolym.

Provgroparna på Karl XII:s torg uppvisade stora skillnader. Vid trädet på östra sidan fanns inga hinder i marken som hade försvårat anläggandet. Skelettjorden var skiktad i ett mullrikt lager, och ett mer mullfattigt. Av alla anläggningarna i fallstudien, var det denna skelettjord som mest liknade handlingarna. Det som gjorde att den inte helt uppfyllde kraven för att anses vara en skelettjord, var att andelen jord var något för hög. Jorden var på vissa ställen kompakterad och stenskelettet hade inte kontakt överallt. En anledning till den ojämna fördelningen av materialet kan vara att en separation har skett vid utläggningen av skelettjorden. Detta visar på svårigheten med färdigblandade jordar.

På västra sidan av Karl XII:s torg skulle skelettjorden undersökas vid två träd. Det visade sig att det genom hela gropen vid det ena trädet fanns ett ledningsstråk skyddat av sand, så där fanns ingen skelettjord. Vid det andra trädet fanns också ledningar, men de upptog inte hela gropen. Den skelettjordsvolym som fanns var begränsad vilket förmodligen hade försvårat anläggandet. Det märktes på en större fraktionering av materialet där skikt av packad jord hade uppkommit. Här fanns inte heller en uppdelning av skelettjorden i mullrikt och mullfattigt lager.

Genomgående för anläggningarna var den ojämna blandningen av materialet. Stockholm Stad har i nyare anläggningar gått över till utläggning och packning av skelettet,

och därefter nedvattning av jorden ⁶. Efter att ha sett problemen med de färdigblandade jordarna, tror jag att det i dagsläget är den metod som kan rekommenderas, även om den vatten- och näringshållande förmågan minskar på grund av lägre lerhalt.

Den begränsade tillgången på luft och vatten i urban mark med hårdgjord yta har lett till att man i Stockholms nyare skelettjordar använder sig av luftningsbrunnar (Trafikkontoret Stockholms Stad 2006). Dessa är också tänkta att kunna användas vid bevattning och näringstillförsel. Det liknar tanken som Kristoffersen (1998) har, när han förespråkar ett luftningslager som också kan användas vid bevattning. Frågan är hur väl bevattningsfunktionen fungerar i praktiken. Skelettjord är genomsläpplig, och när den bevattnas borde därför vattnet sjunka rakt nedåt, och inte i nämnvärd omfattning spridas ut åt sidorna. Som en följd av detta finns det också en överhängande risk att eventuell näringsbevattning inte hålls kvar i jorden, utan utlakas omgående. Jag tror att mer tekniskt avancerade bevattningssystem behövs för att få en bra fördelning av vattnet i skelettjorden.

5.4 Näringstillståndet

I näringsdiskussionen måste man ha i åtanke att endast ett jordprov per jord togs. Värdena kan inte ses som absolut konstanta, utan får ses som en hjälp att bedöma anläggningen som helhet.

Tegelviksgatans näringsinnehåll i jordarna avseende fosfor, kalium och magnesium var överlag bra, även om värdena inte helt stämde med riktvärdena i handlingarna. Anläggningen från 1998 utmärkte sig genom att ha betydligt sämre näringsvärden än de övriga anläggningarna. Ser man på sammansättningen av jorden är det inget som förvånar då det är den jord som innehöll minst ler och nästan helt saknade mull. Sandigt material, som i den aktuella provgruppen, håller näring dåligt (Wiklander 1976).

Jordproverna från skelettjordarna längs yttre Grubbensringen visade på låga fosforvärden i båda provgröparna, medan kaliumvärdet var lågt endast vid träd nr 6. Med tanke på den dåligt näringshållande förmåga som materialet vid träd nr 19 hade, var det förvånande att kaliumhalten var högre där. Magnesiumhalten var hög i båda gröparna, men enligt Wiklander (1976) är balansen mellan kalium och magnesium viktigare för växtlighet än de enskilda halterna av dessa ämnen. Vid träd nr 19 visade kvoten på balans, medan anläggningen vid träd nr 6 visade på obalans (för låg andel kalium i förhållande till magnesium). Jordproverna från planteringsjorden antydde att man vid anläggandet hade använt en väl uppgödslad jord. Fosfor urlakas betydligt långsammare än kalium ⁷ och man kan därför anta att kaliumhalterna har varit högre vid planteringen än de är idag, medan fosforhalterna troligen inte har förändrats nämnvärt.

Inre Grubbensringens båda provgröpars näringsvärden skiljde sig inte nämnvärt åt. Näringsnivån var låg eller i obalans. Även värdena i planteringsjorden från rotmattan liknade varandra vid de båda träden.

För att analysera näringsvärdena från Karl XII:s torg måste de jämföras med riktvärdena från de andra anläggningarna, eftersom det i handlingarna för Karl XII:s torg anges

⁶ Björn Embrén, trädansvarig, Trafikkontoret Stockholms Stad, personligt meddelande 2006-11-08.

⁷ Eva-Lou Gustafsson, agronom, Landskapsutveckling, SLU Alnarp, personligt meddelande maj 2007.

värden enligt Spurwaymetoden och inte AL-metoden som är det brukliga för stadsträd (Wiklander 1976). Näringsnivåerna var liksom på flera av de andra platserna låga, även i det mullrika skelettjordslagret. Det mullrika lagret i skelettjorden på den östra sidan hade till och med en något sämre näringsbalans än den sämre uppbyggda mullfattiga skelettjorden på den västra sidan.

Samtliga anläggningar hade höga pH-värden. Endast två provgropar på Karl XII:s torg uppvisade pH-värde på under 8. Höga pH-värden försvårar upptaget av vissa mikronäringsämnen, framför allt järn (Wiklander 1976). I stadsmiljöer förekommer ofta höga pH-värden i marken som en följd av kalcium som frigjorts vid vittring av betong (Craul 1992). Så är förmodligen fallet i de undersökta anläggningarna. Slitlagret av betong liksom fundament under mark kan ha påverkat, liksom eventuellt ”byggskrot” i marken. pH-värdet kan också ha varit högt redan vid anläggningstillfället. Eftersom entreprenörerna inte har följt handlingarna vid anläggandet av skelettjordarna, kan det inte anses omöjligt att jorden i anläggningarna också skiljde sig från handlingarna avseende pH och näringsinnehåll.

Med tanke på den situation som råder i urban mark, är det klokt att välja träd som klarar alkaliska jordar, vilket man också har gjort i fallstudiens anläggningar.

5.5 Rotutveckling/vitalitet

Trots att skelettjordar i dess rätta bemärkelse saknades i de undersökta anläggningarna, växte det rötter där och de flesta träden hade vid en tidigare fallstudie bedömts ha en godtagbar tillväxt och vitalitet. Där rötter växte verkade växttillgängligt utrymme vara en viktigare faktor än näringsinnehåll. Rötterna växte ut från planteringslådorna där det fanns öppningar mot omgivande mark och tog sig vidare där det var möjligt. Täta skikt av lera eller ensartad sand erbjöd dålig möjlighet för rotgenomträngning, medan större fraktioner av krossmaterial blandat med annat, ej packat, finare material fungerade bättre för rötterna. Detta syntes tydligt längs Tegelviksgatan. Samtliga träd där som ingick i skelettjordsundersökningen som vitalitetsbedömdes 2005, bedömdes till vitalitetsklass A. Det fanns dock en viss oro för att tillväxten hade stagnerat för de träd som ingick i första etappen från 1997. För att uppnå bättre förhållanden för träden, borde man överväga vilka åtgärder som kan vidtas.

Det var påtagligt i studien att de träd som hade bedömts ha en otillfredsställande tillväxt och vitalitet hade dåliga förutsättningarna under mark och också få rötter utanför planteringslådan. Däremot gick det inte att se någon förklaring till vitalitetsskillnaden på träden i de markkemiska egenskaperna.

Mängden rötter sjönk med djupet i marken. I provgroparna längs yttre Grubbensringen innebar det att flest rötter fanns i bärlagret/förstärkningslagret och minst antal i det som skulle ha varit skelettjord. Det kan ha varit så att kondens som samlats under asfaltytan gjorde den övre delen av anläggningen fuktigare. Det kan också ha varit så att det hade uppstått utrymme för rötterna mellan de olika lagren i överbyggnaden och att dessa utrymmen fanns i anslutning till de övre springorna i planteringslådorna. Vid en jämförelse mellan provgroparna på yttre Grubbensringen kunde man konstatera att det växte färre rötter i materialet vid träd nr 19 än träd nr 6. Jordproverna visade att det inte hade med näringen att göra. En trolig orsak är den torrare miljön vid träd nr 19. Ytterligare en anledning kan vara att planteringslådans springor var mindre och tydligt rotsnurr hade

uppstått i planteringsgropen. De små planteringsgroparna var förmodligen en betydande anledning till trädens dåliga vitalitet. Det kan vara så att rotklumparna har tryckts ner i planteringslådorna med innermått 800x800 mm. Eftersom det knappt fanns någon växtjord utanför planteringslådorna, blev jordvolymen mycket begränsad. Träden vid de undersökta provgroparna är vitalitetsklassade till B, vilket innebär att de inte har en godtagbar tillväxt och vitalitet. Anläggningen är i stort behov av förbättringsåtgärder.

Vid båda träden på inre Grubbensringen fanns flest rötter ovanför lådorna i planteringsjorden där de bildade en överhängande matta. Nedanför denna matta, utanför planteringslådorna, skiljde sig förutsättningarna åt mellan de undersökta groparna. Vid träd nr 9 fanns ett visst inslag av ler som kunde hålla fukt, och materialet gav på vissa ställen utrymme för rötterna att växa. I det bärlager som fanns vid träd nr 20 var det betydligt svårare för rötter att växa. Mätresultaten visade också att det var betydligt färre rötter som växte ut i materialet vid träd nr 20 än vid träd nr 9. Detta kan vara en förklaring till att träd nr 9 blev A-klassat vid vitalitetsbedömningen 2005, medan träd nr 20 blev B-klassat. Med tanke på att det rotgenomträngliga utrymmet var starkt begränsat även vid det A-klassade trädet, är det möjligt att tillväxten snart kommer att avta och vitaliteten försämrans också där.

I stadsmiljöer växer trädens rötter inte som i en naturlig mark. Vid träd nr 9 på yttre Grubbensringen iakttogs några rötter som växte ut från lådans undersida. Det kan vara så att rötter har vuxit nedåt och hittat bättre förutsättningar i till exempel ledningar, där tillgången på luft och vatten är större än utanför planteringslådan. Rotinträngningar är ett vanligt problem där förutsättningarna i övrigt är dåliga för träden (Orvesten et al. 2003).

Skillnaderna mellan provgroparna på Karl XII:s torg åskådliggör väl de olika förutsättningar som kan finnas under mark i stadsmiljö. Träd nr 33 på den östra sidan, vitalitetsklass A, hade den bäst uppbyggda skelettjorden och där fanns också flest rötter. Vid träd nr 48 på den västra sidan, vitalitetsklass a, upptogs en del av utrymmet under mark av ledningar skyddade av sand. Antalet rötter vid betonglådans slitsar var betydligt färre vid detta träd än vid träd nr 33. Den sämre vitaliteten kan bero på en lägre mullhalt i jorden och/eller en ovarsam hantering av skelettjorden med fraktionering och packade jordlager som följd. En annan förklaring kan vara att ledningarna i marken försvårade anläggningsarbetet och minskade den möjliga jordvolymen. Vid träd nr 58 på den östra sidan, vitalitetsklass B, fanns ingen skelettjord. I det ledningsstråk, skyddat av sand, som passerade här, hittades inga rötter.

Planteringslådorna på båda sidor om Karl XII:s torg var relativt stora vilket har gett en bra förutsättning för trädens etablering. Rötternas möjlighet att växa vidare utanför planteringsgropen verkar ha varit avgörande för den fortsatta vitaliteten. Trots att provgropar bara grävdes på en sida av varje träd, speglade markförhållandena i groparna väl vitaliteten på träden. Det föranleder mig att tro att inget av träden med dålig vitalitet hade en bra skelettjord på någon sida. Man kan också anta att skelettjorden på den östra sidan såg ungefär likadan ut genom hela anläggningen.

Torget består till stor del av gräsyta och planteringar. Trädraderna löper längs ytterkanterna av torget. Mellan träden och grönyrtorna finns hårdgjorda ytor med traditionell överbyggnad, men det är inte omöjligt att trädrötter har lyckats ta sig genom/under

överbyggnaden och in till gynnsammare växtjord. Det kan också vara en förklaring till skillnader i vitalitet mellan träden.

Eftersom rötterna i studien visade sig växa där de hade möjlighet, borde skelettjorden täcka de öppningar som finns i planteringslådorna. Så var inte fallet i undersökningen. Ofta började skelettjorden så djupt att bara nedersta delen av slitsarna i betonglådorna mynnade mot skelettjord. För att förbättra spridningen på rötter och undvika rotsnurr borde man dessutom överväga andra lösningar än de begränsande planteringslådorna.

5.6 Förslag på åtgärder

5.6.1 Gemensamt för samtliga anläggningar

- Eventuella asfaltlager i överbyggnaden tas med fördel bort för att öka infiltration och gasutbyte. Fiberduk och geoarmeringsnät kan istället användas för att fördela lasterna om man känner sig osäker på överbyggnadens bärande förmåga.
- För uppföljningsarbetet av träden är det viktigt med en tydlig dokumentation av förbättringsåtgärderna. Det gäller såväl beställningsunderlag i form av olika handlingar som dokumentation av utförandet.
- Där ny skelettjord förordas i de olika anläggningarna rekommenderas utläggning med nedvattning i enlighet med de föreskrifter som finns idag i Stockholm (Trafikkontoret Stockholm Stad 2006). Behovet av luftningsbrunnar bör övervägas. Där det är möjligt med öppna ytor är behovet mindre än där infiltration och gasutbyte är mer begränsat. Riktvärden för de markkemiska egenskaperna i jorden bör ges till entreprenören och jordanalys tas för att säkerställa kvaliteten.

5.6.2 Tegelviksgatan

- Ersätt befintligt material med skelettjord där sådan är föreskriven. Har man inte möjlighet att byta ut hela anläggningen, skulle man kunna ersätta ett smalare stråk mellan trädplanteringarna med skelettjord. Det är då lämpligt att lägga detta stråk i anslutning till någon av betonglådornas slitsar eftersom det är därifrån rötterna växer ut.

5.6.3 Yttre Grubbensringen

- Avlägsna planteringslådorna. De hindrar rötterna och ger upphov till rotsnurr.
- Jordvolymen närmast träden bör ökas. Träden har fått en dålig start i de små planteringsgroparna. Mellan träden finns det på stora delar av platsen utrymme att ersätta överbyggnaden med jord, med grus och galler över, så att träden delar växtutrymme. Den öppna ytan möjliggör också infiltration och gasutbyte. Framför entréer där kravet på framkomlighet och belastningen är större kan skelettjord istället användas.
- För att ytterligare förbättra trädens situation kan skelettjord anläggas in under trottoaren som det var tänkt från början.

Att försöka tillföra näring till den befintliga så kallade skelettjorden, bedömer jag som meningslös. Det finmaterial som finns klarar inte att hålla näringen, utan en urlakning skulle förmodligen ske omgående.

Vid undersökningstillfället av inre Grubbensringen hösten 2006, hade åtgäder redan vidtagits längs yttre Grubbensringen. Planteringslådorna hade tagits bort och ytan mellan träden hade gjorts om till en öppen yta med grus som slitlager. Jag fick ingen uppgift om huruvida skelettjorden under trottoaren hade blivit ersatt med ny sådan, eller om vad som fanns under den öppna grusytan. Jag kunde därför inte avgöra om den totala jordvolymen hade ökat.

5.6.4 Inre Grubbensringen

- Ta bort planteringslådorna. Dessa fyller inte någon funktion utan hindrar bara rötterna från att växa ut.
- Ersätt remsan runt planteringslådorna, där det skulle varit skelettjord, med planteringsjord. På så sätt ökas jordvolymen.
- Sättningar över planteringsytan visar att armeringsjärnet inte klarar att bära den belastning ytan utsätts för. Över planteringsjorden måste bärande konstruktion som inte packar jorden användas under slitlagret. Galler kan kanske vara ett alternativ till armeringsjärn. Annars är skelettjord mellan träden, framför entréerna, en lösning. Jordvolymen minskar då, men det kan åtgärdas genom förslaget nedan.
- Skelettjord från planteringsytan in under trottoaren utökar jordvolymen ytterligare.

Mellan planteringarna längs inre Grubbensringen finns parkeringsytor, och framför entréerna, där planteringarna är belägna, är kravet på framkomlighet stort. Dessa faktorer gör stora öppna ytor olämpliga längs med inre Grubbensringen och de ytor som idag är hårdgjorda bör också i fortsättningen vara det.

5.6.5 Karl XII:s torg

- I den nuvarande anläggningen finns skelettjord bara längs med trädraderna. En möjlighet att förbättra förutsättningarna för träden med dålig vitalitet på Karl XII:s torg skulle kunna vara att leda rötterna till planteringarna via stråk med skelettjord. Ett annat intressant alternativ är att förbinda den befintliga skelettjorden och planteringsytorna med PVC-rör där rötterna kan växa.

5.7 Vidare utveckling och forskning

Om man ser till ett trädets möjliga livstid, har skelettjordar funnits en väldigt kort tid. Det är omöjligt att redan nu utvärdera resultaten på lång sikt. En förutsättning för att kunna utvärdera skelettjordarna är att de är rätt anlagda. Fallstudien har visat på den okunskap som fanns när skelettjordar började användas i Stockholm. Än i dag finns väldigt lite material att tillgå om erfarenheter av skelettjordar i Sverige och jag tror att den generella kunskapsnivån fortfarande är låg avseende hur man kan utforma skelettjordsanläggningar och när de är lämpliga respektive olämpliga. Litteratur behövs som riktar sig till projektörer, kommuner och entreprenörer och för att bra sådan ska kunna produceras krävs mer forskning. Mer omfattande studier av befintliga anläggningar är önskvärt liksom försöksverksamhet där man jämför olika metoder och trädarter över ett antal år. Vi har i Sverige främst använt skelett av Leca eller skärv, 100-150 mm, och det skulle vara bra med försök med andra material för att utveckla skelettjordarna ytterligare.

Skelettjordarnas bärighet är ännu en faktor som skulle vara intressant att titta vidare på. Om man kunde uppnå en bärighet för högre trafikklasser skulle det vara ett genombrott. I dagsläget finns bara dyrare alternativ som rotkammare, rotkanaler och liknande (Schröder 2006), men även utvecklingen av den tekniken är värd att följa. Kanske kan olika metoder kombineras?

Näringen i skelettjordar har diskuterats. Kritiker har ifrågasatt vad som händer med träden när näringen tar slut. Fallstudien i Stockholm pekar på att näringen har mindre betydelse än luft, fukt och utrymme i jorden, men eftersom anläggningarna är så unga är det för tidigt att säga om vad som händer på längre sikt. I Stockholm ser man som en möjlighet att vattna ner näring via luftbrunnar⁸. Som tidigare nämnts i diskussionen (se 5.3) kan det innebära problem med utlakning och svårigheter med att fördela näringen jämnt. Bättre skulle vara om man kunde tillföra organiskt material. På det området behövs också dokumenterad forskning.

⁸ Björn Embrén, trädansvarig, Trafikkontoret Stockholms Stad, personligt meddelande 2006-11-08.

6 SLUTSATSER

- Skelettjord förskrivs ibland slentrianmässigt på platser där planteringsjord hade kunnat användas istället. Jordvolymen hade då blivit betydligt större. Samtidigt finns det platser där skelettjord hade kunnat utöka den tillgängliga jordvolymen, men där traditionell vägöverbyggnad har använts. Kunskapsläget måste förbättras i branschen.
- Handlingarna följs inte alltid och det bottnar troligen (förhoppningsvis) i okunskap. En representant från beställaren med kunskap om trädetablering i skelettjord kan genom att finnas på plats vid anläggandet dokumentera arbetet och tillföra kunskap. Dokumentation, gärna med foto, är viktigt för uppföljningen.
- Hårda, täta ytmaterial bör i möjligaste mån undvikas för att trädrötterna ska få den fuktighet och det gasutbyte de behöver. Asfaltlager i överbyggnaden ska inte behövas för bärigheten.
- Rötter växer där porerna i marken är tillräckligt stora. Täta lager med högt motstånd försvårar framkomligheten.
- Genomgående i fallstudien sjönk antalet rötter med djupet i marken och växttillgängligt utrymme verkade vara en viktigare faktor än näringsinnehåll för rötternas tillväxt. Eftersom rötterna växer ytligt där det finns utrymme, bör skelettjorden placeras högt upp i marken och om det finns en planteringslåda ska öppningarna mynna mot skelettjorden.
- För att förbättra spridningen på rötter och undvika rotsnurr kan man överväga andra lösningar än planteringslådor som är begränsande för rötterna.
- Med rätt kunskap kan man situationsanpassa skelettjordarna så att de passar för platsen och träden.
- Mer dokumenterad forskning behövs för att öka kunskapen om vad som händer på lång sikt med träden i skelettjordsanläggningar.

7 KÄLLFÖRTECKNING

Andersson, Magnus (1998). *Stockholms årsringar. En inblick i stadens framväxt*. Första upplagan, andra tryckningen. Stockholms stad. Stockholmia förlag. Stockholm.

Bengtsson, Rune (1998). *Stadsträd från A-Z*. Stad & Land nr 154:1998. Movium, SLU, Alnarp.

Böhm, Wolfgang (1979). *Methods of Studying Root Systems*. Vol. 33. Springer-Verlag. Berlin.

Coder, Kim D (1998). Root Growth Control: Managing Perceptions and Realities. I Neely & Watson (eds). *The Landscape below ground II*. Proceedings of an International Workshop on Tree Root Development in Urban Soils. International Society of Arboriculture. Illinois. ss 51-81.

Couenberg, Els (1998). Urban Tree Soil and Tree-Pit Design. I Neely & Watson (eds). *The Landscape below ground II*. Proceedings of an International Workshop on Tree Root Development in Urban Soils. International Society of Arboriculture. Illinois. ss 189-202.

Craul, Phillip J (1992). *Urban soil in landscape design*. John Wiley & Sons Inc. New York.

Craul, Phillip J (1999). *Urban soils, applications and practices*. John Wiley & Sons Inc. New York.

Ehlers, Martin (1986). *Baum und Strauch in der Gestaltung und Pflege der Landschaft*. 2 uppl. Paul Parey. Berlin – Hamburg.

Grabosky, Jason, Bassuk, Nina, Irwin, Lynne and Van Es, Harold (1998a). Structural Soil Investigations at Cornell University. I Neely & Watson (eds). *The Landscape below ground II*. Proceedings of an International Workshop on Tree Root Development in Urban Soils. International Society of Arboriculture. Illinois. ss 203-209.

Grabosky, Jason, Bassuk, Nina, Irwin, Lynne and Van Es, Harold (1998b). Pilot Field Study of Structural Soil Materials in Pavement Profiles. I Neely & Watson (eds). *The Landscape below ground II*. Proceedings of an International Workshop on Tree Root Development in Urban Soils. International Society of Arboriculture. Illinois. USA. ss 210-221.

Graves, William R (1998). Consequences of High Soil Temperatures. I Neely & Watson (eds). *The Landscape below ground II*. Proceedings of an International Workshop on Tree Root Development in Urban Soils. International Society of Arboriculture. Illinois. ss 27-35.

Killham, Ken (1994). *Soil Ecology*. The Press Syndicate of the University of Cambridge. Cambridge.

- Kolek, Josef & Kozinska, Vladimir (1992). *Physiology of the Plant Root System*. Vol. 46, Development in Plant and Soil Science. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht.
- Kopinga, Jitzke (2006). Transport Infrastructure and Street Trees – Prevention of Conflicts. I *Improving relations between technical infrastructure and vegetation*. International conference on Sustainable Urban Development 24-25 August 2006, Bergen, Norway.
- Kristoffersen, Palle (1998). *Nye etableringsmetoder for træer i befæstede arealer*. Diss. Den Kgl. Veterinær- og Landbrohøjskole, inst. For Økonomi, Skov og Landskab, Sektion for Landskab, forskningscentret for Skov & Landskab. Hørsholm.
- Kristoffersen, Palle & Nilsson, Kjell (1998). Lyckade försök med rotvänlig vägbyggnad. *Utemiljö*, nr 8, 1998. ss 8-12.
- Miller, Robert W. (1997). *Urban Forestry: planning and managing urban greenspaces*. 2:a uppl. Prentice Hall. New Jersey.
- Pettersson, Josefine (2006). *Växtbäddar för träd i gatumiljö – skelettjordars konstruktion och funktion*. Rapport, SLU, Alnarp.
- Pålstam, Ylva (2003). *Träd i stadsmiljö*. Kommunförbundet. Stockholm.
- Randrup, Thomas B. (1996). *Plantevækst i forbindelse med byggeri. Planlægningens og projekterings indflydelse på vedplantors vækstvilkår i utilsigtet komprimerede jorder*. Diss. Forskningsserien, nr. 15, 1996. Den Kgl. Veterinær- og Landbrohøjskole. Forskningscentret for skov & landskab. Hørsholm.
- Randrup, Thomas B. & Pedersen, Lars B. (1996). *Vejsalt, træer og buske*. Rapport nr 64. Vejdirektoratet. Tillgänglig: <http://www.vejdirektoratet.dk/pdf/vejsalt64.pdf>, 2007-08-06.
- Rolf, Kaj & Moback, Ulf (1991). *Trädgropar i gatumiljö*. Gröna fakta C1. Movium. SLU Alnarp.
- Rolf, Kaj (1993). Skelettjord – ny planteringsjord! *Utemiljö* nr 3, 1993. ss 34-35.
- Rolf, Kaj & Stål, Örjan (1998). Tree Roots and Infrastructure. I Neely & Watson (eds). *The Landscape below ground II*. Proceedings of an International Workshop on Tree Root Development in Urban Soils. International Society of Arboriculture. Illinois. s 127.
- Rowell, David L. (1994). *Soil science: Methods and applications*. Pearson Education Limited. Harlow, Essex.
- Schröder, Klaus (2006). Sustainable Tree Management in Osnabrück / Germany. I *Improving relations between technical infrastructure and vegetation*. International conference on Sustainable Urban Development 24-25 August 2006, Bergen, Norway.
- Sorvig, Kim (2001). Soil under pressure, why the debate over the merits of structural soil?. *Landscape Architecture*, june. ss 36-42.

Stål, Örjan (2001). Träd i urban miljö. *Trädbladet* 8:1 ss. 17-20.

Trowbridge, Peter J & Bassuk, Nina L (2004). *Trees in the urban landscape: site assessment, design, and installation*. John Wiley & Sons Inc. New Jersey.

Wiklander, Lambert (1976). *Marklära*. SLU. Uppsala.

Opublicerade källor

Gatu- och fastighetskontoret. 1997. Tjänsteutlåtande 1997-08-08. *Förnyelse av alléerna i Kungsträdgården, förslag till beslut*. Beslut GFN. 1997-09-16 § 15. Bilaga 1. Stockholm.

Ritning 268 244, Gatu- och fastighetskontoret. Södermalm, *Kv. Mandeln, tegelviksgatan, Detalj 9*. Skala 1:40 Arbetshandling. 1996-06-24. Stockholm.

Ritning 45 35 420, Gatu- och fastighetskontoret. *Kungsholmen. ST:Erik. Trädgröpar i trottoar*. Principsektioner. Typ A och Typ E. Stockholm.

Stockholm Stad (2000). *Teknisk handbok*.

Stockholms Stad (2006). Markkontoret. *Stockholms parkprogram – Handlingsprogrammet 2005-2009 för utveckling och skötsel av Stockholms parker och natur*. Reviderat juni 2006.

Trafikkontoret Stockholm Stad (2006). *Handbok – växtbäddar för stadsträd i Stockholm*. Arbetskopia granskningsomgång 060915. Författare: Embrén, Stål, Orvesten.

BILAGOR

Bilaga 1: Undersökningsformulär

Foto:

Provnr:

Protokoll skelettjordsgrävning

Datum:

Plats:

Trädnr:

Läge:

Skelettjord

Skelettjordsupbyggnad (material, lagertjocklek m.m.):

Terrassdjup:

Allmänna iakttagelser:

Ta jordprov på terrassen samt skelettjorden (ler-, mullhalt och näringsinnehåll)

Rotutbredning i skelettjorden:



F=antal finrötter<0,2 cm, G=antal grövre rötter>0,2 cm

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										

Iakttagelser av planteringsgropen (rottillväxt, jord, storlek m.m.):